



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Control terciario para la operación y gestión óptima de micro-redes aisladas de la red

Rubio Villagrán, Oscar Daniel

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Maestría en Electrónica y Automatización mención Redes

Industriales

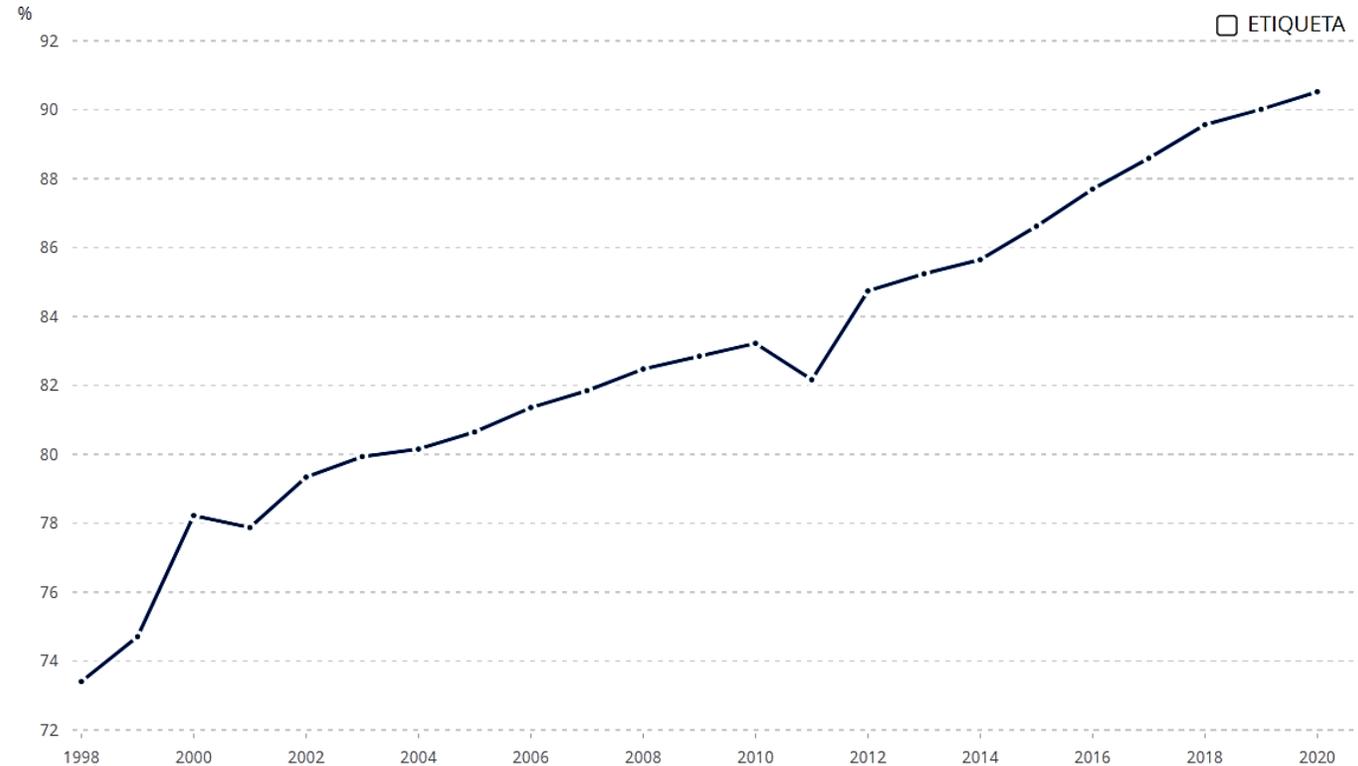
Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Electrónica y Automatización
mención Redes Industriales

CÓDIGO: GDI.3.1.004

VERSIÓN: 1.0



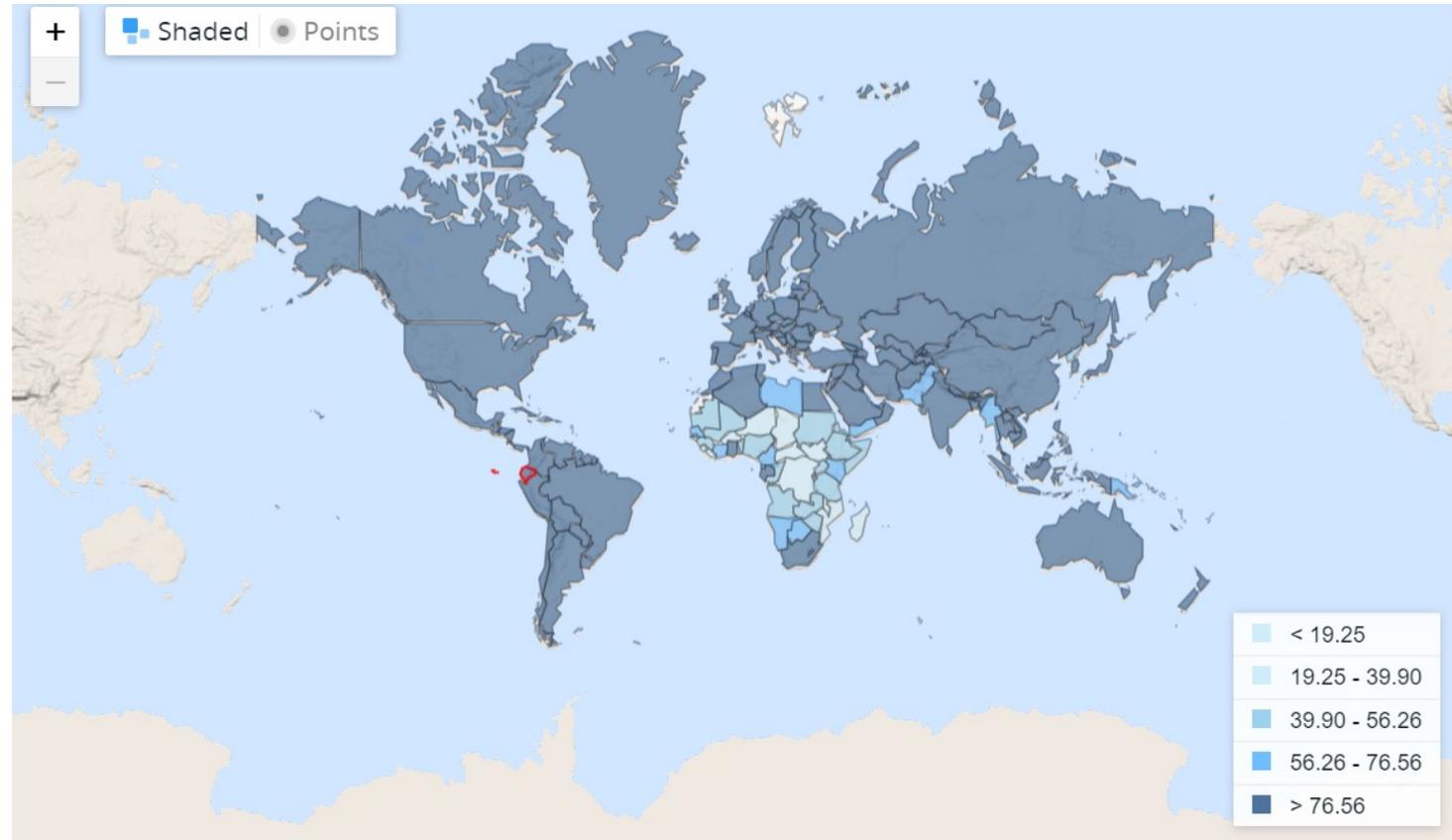
Acceso a la electricidad a nivel mundial



Fuente: Banco Mundial, base de datos de Energía Sostenible para Todos (SE4ALL) del Marco de Seguimiento Mundial de SE4ALL liderado de forma conjunta por el Banco Mundial, la Agencia Internacional de la Energía y el Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía. 2020



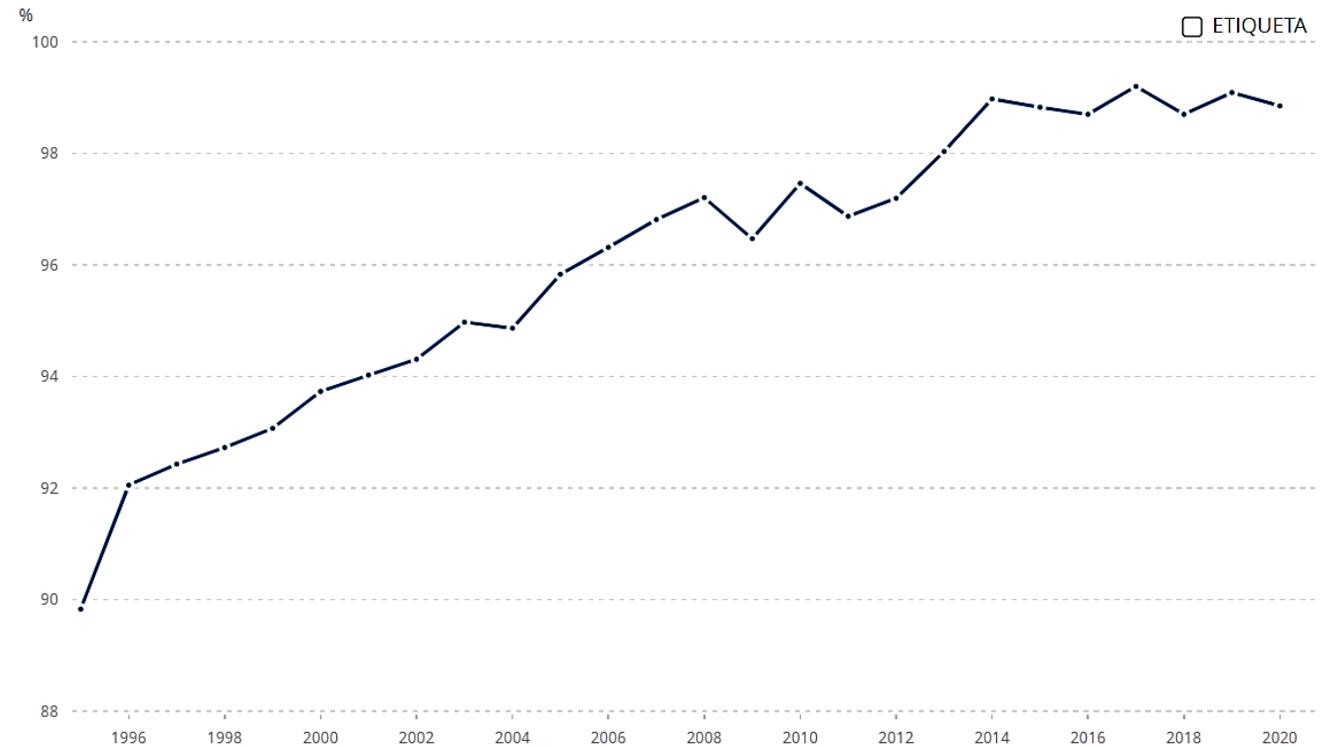
Mapa de Acceso a la electricidad



Fuente: Banco Mundial, base de datos de Energía Sostenible para Todos (SE4ALL) del Marco de Seguimiento Mundial de SE4ALL liderado de forma conjunta por el Banco Mundial, la Agencia Internacional de la Energía y el Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía. 2020



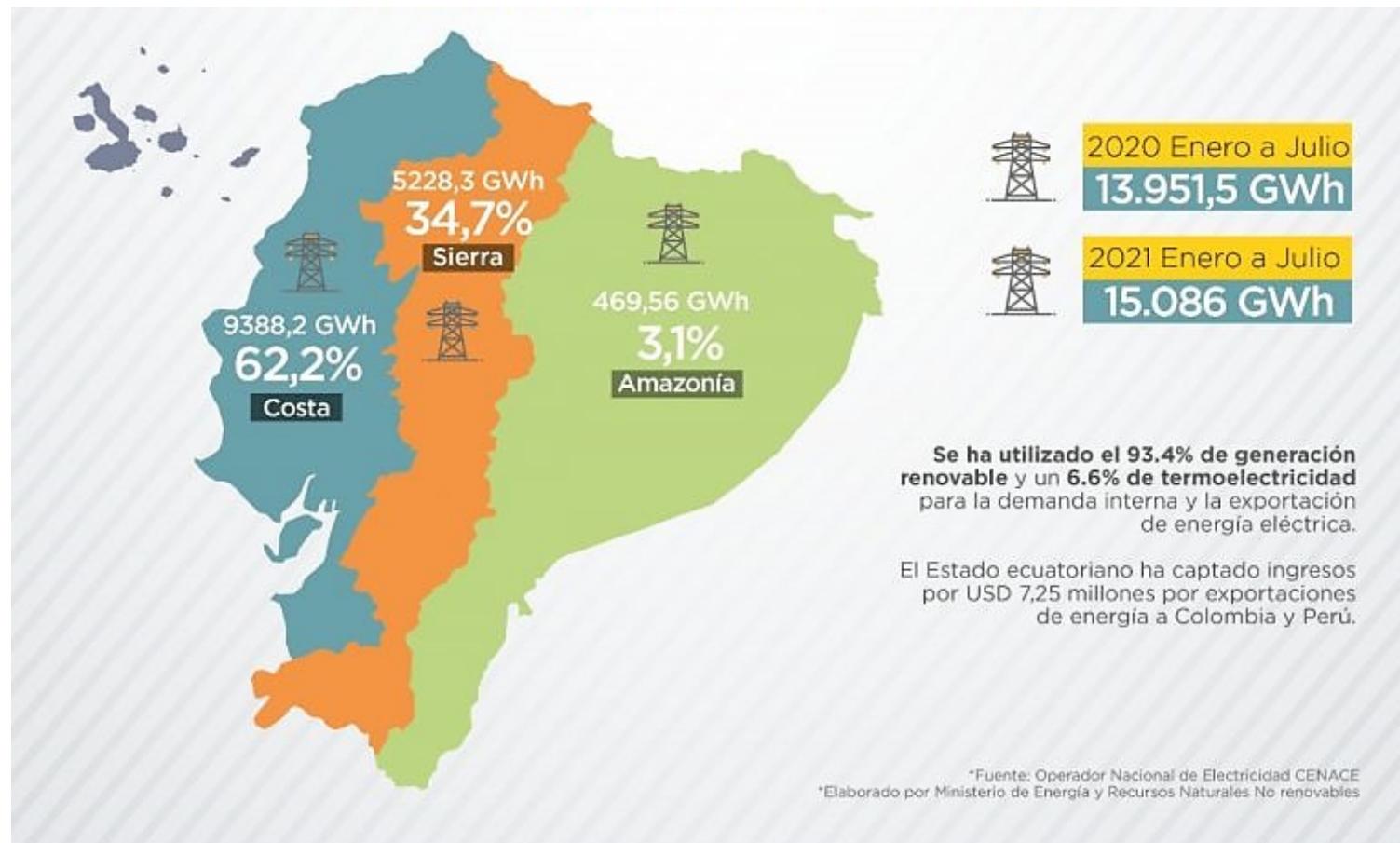
Acceso a la electricidad en Ecuador



Fuente: Banco Mundial, base de datos de Energía Sostenible para Todos (SE4ALL) del Marco de Seguimiento Mundial de SE4ALL liderado de forma conjunta por el Banco Mundial, la Agencia Internacional de la Energía y el Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía. 2020



Distribución de la demanda eléctrica en el Ecuador



Fuente: Operador Nacional de Electricidad CENACE. 2021 Elaborado por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No renovables



Micro-redes

Sistemas que integran **energías renovables** para la generación de electricidad y el almacenamiento energético.

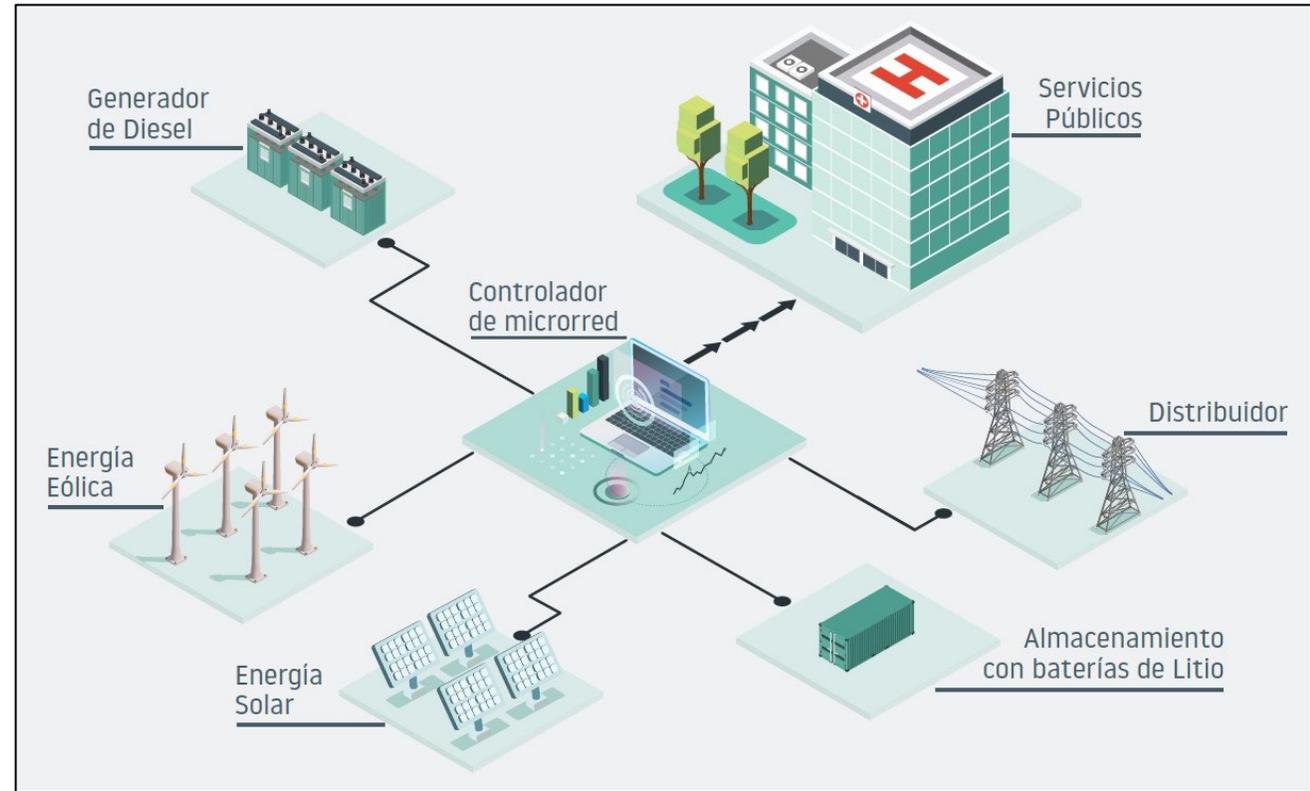
Pueden trabajar **conectadas a la red** o en **modo isla**.



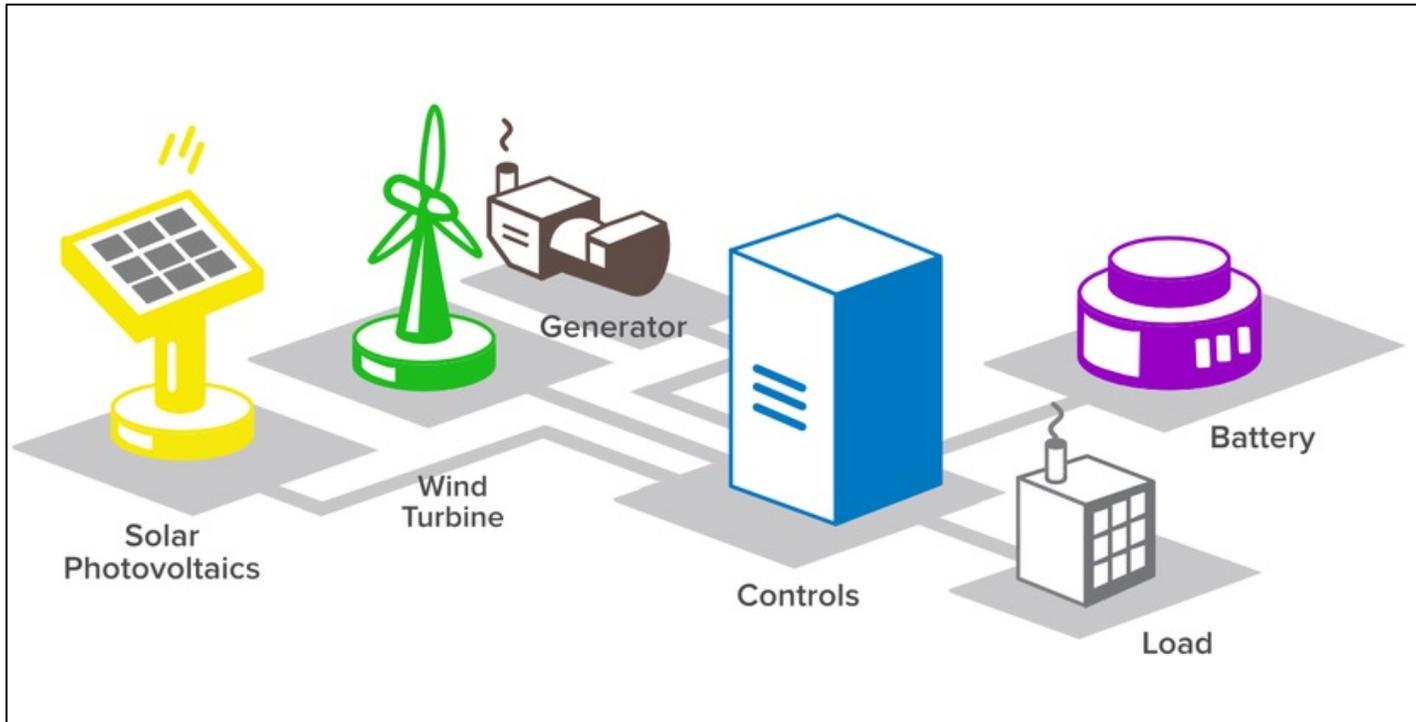
Micro-redes conectadas a la red

Permite **mantener el suministro de energía eléctrica** cuando hay un corte en la red principal.

Permiten **reducir las emisiones de CO2**.



Micro-redes aisladas de la red



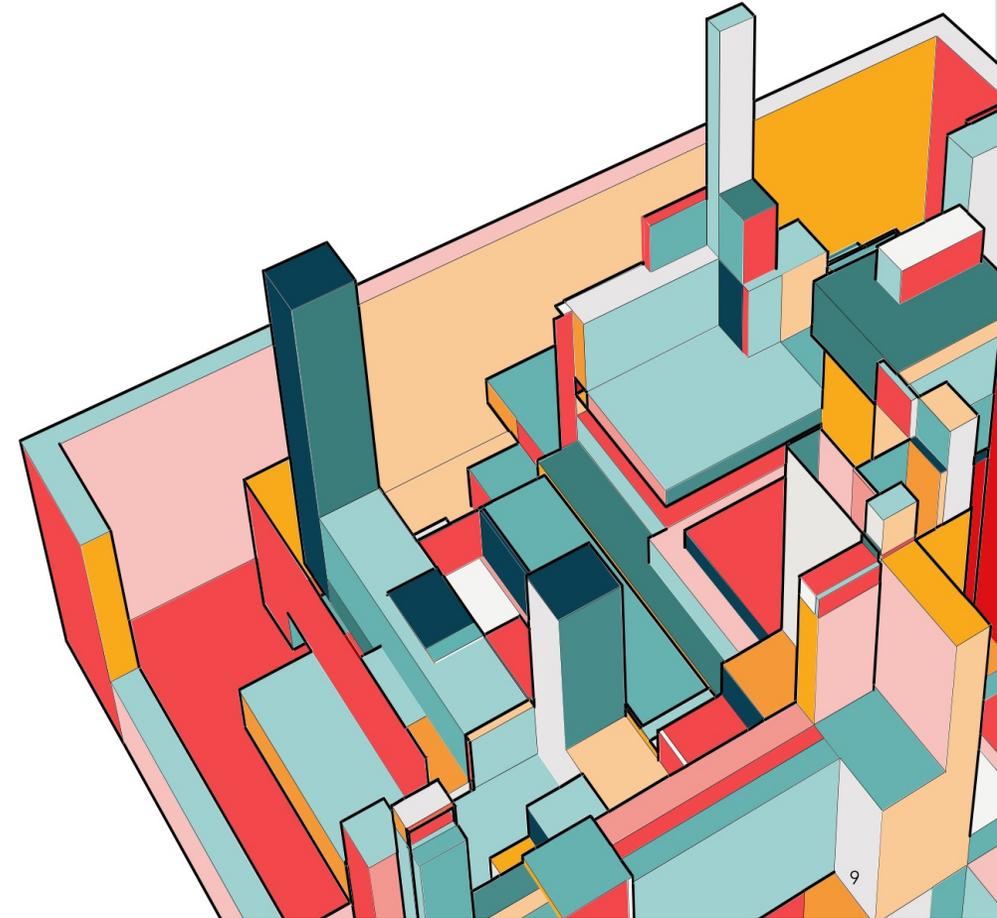
Permiten abastecer la demanda eléctrica en **zonas en donde no se puede acceder al suministro eléctrico.**

Costo de **instalación, operación y reposición** suelen ser altos.

Desafíos debido a la **incertidumbre de los recursos renovables** y a las **variaciones en la demanda.**

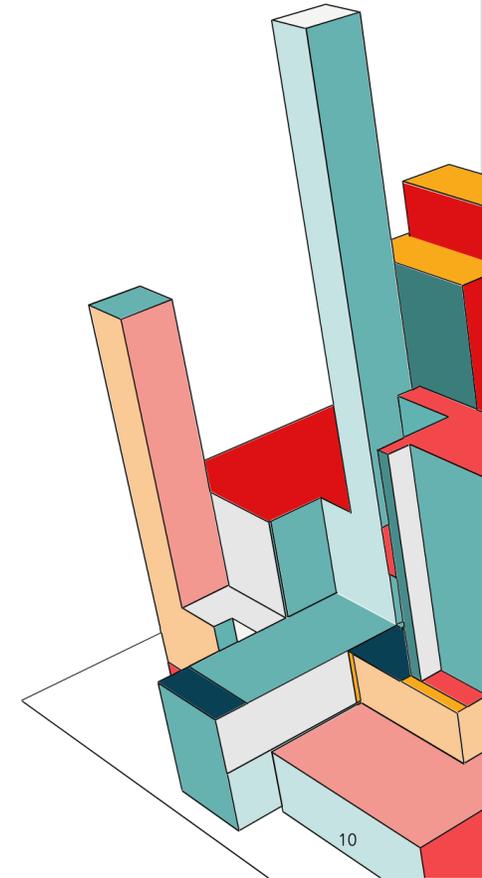
Objetivo General

Desarrollar e implementar un **control terciario** para la operación y gestión **óptima** de **micro-redes aisladas de la red**, utilizando una arquitectura de control centralizado.

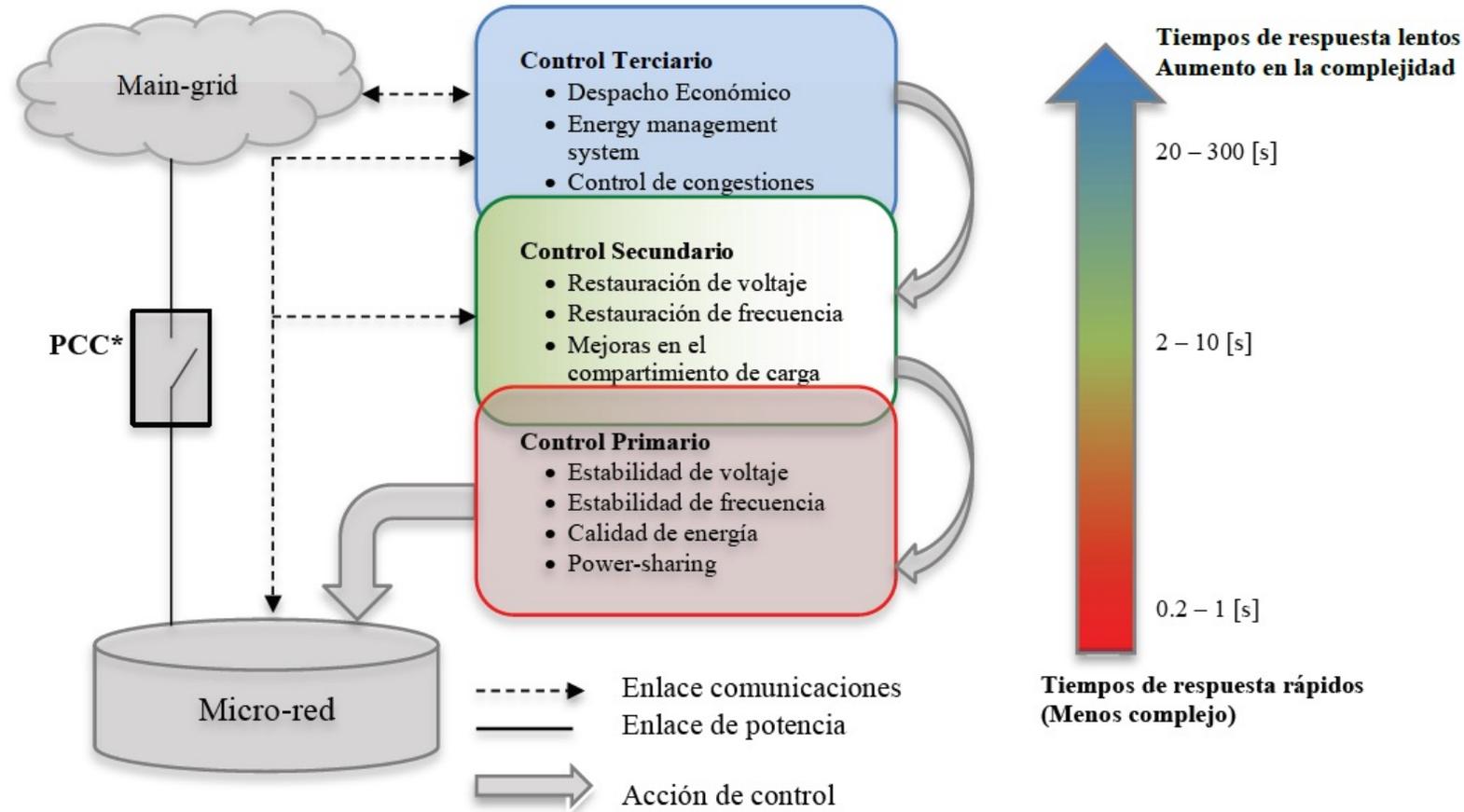


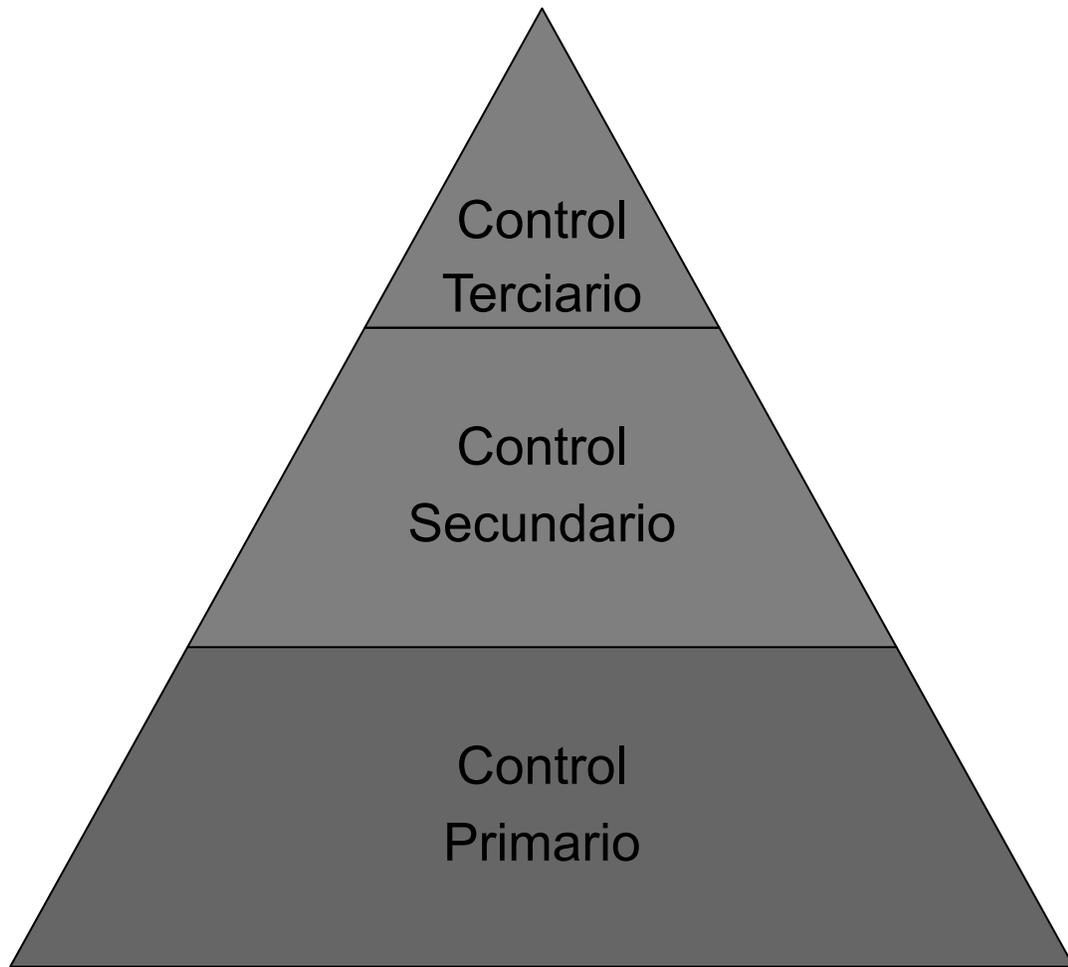
Objetivos Específicos

- Formular el problema de optimización para la implementación del control terciario.
- Implementar la formulación del problema de optimización utilizando programación matemática.
- Evaluar y validar el desempeño del algoritmo de control terciario en una micro-red aislada de la red vía simulación.



Arquitectura de Control



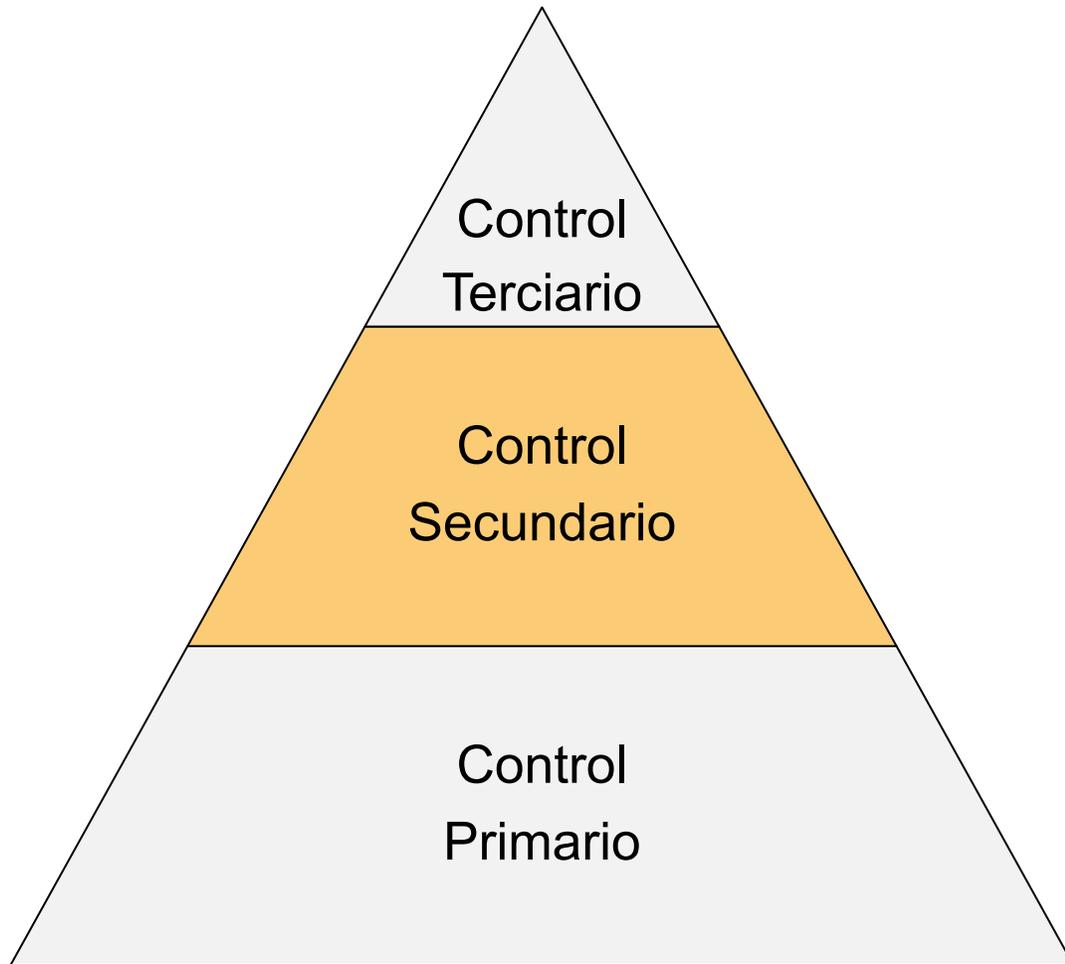


Control Primario

Es el encargado de **lidar con las variaciones de demanda o perturbaciones.**

Regula frecuencia y voltaje con el propósito que la micro-red opere dentro de los rangos permisibles estipulados en los códigos de red.



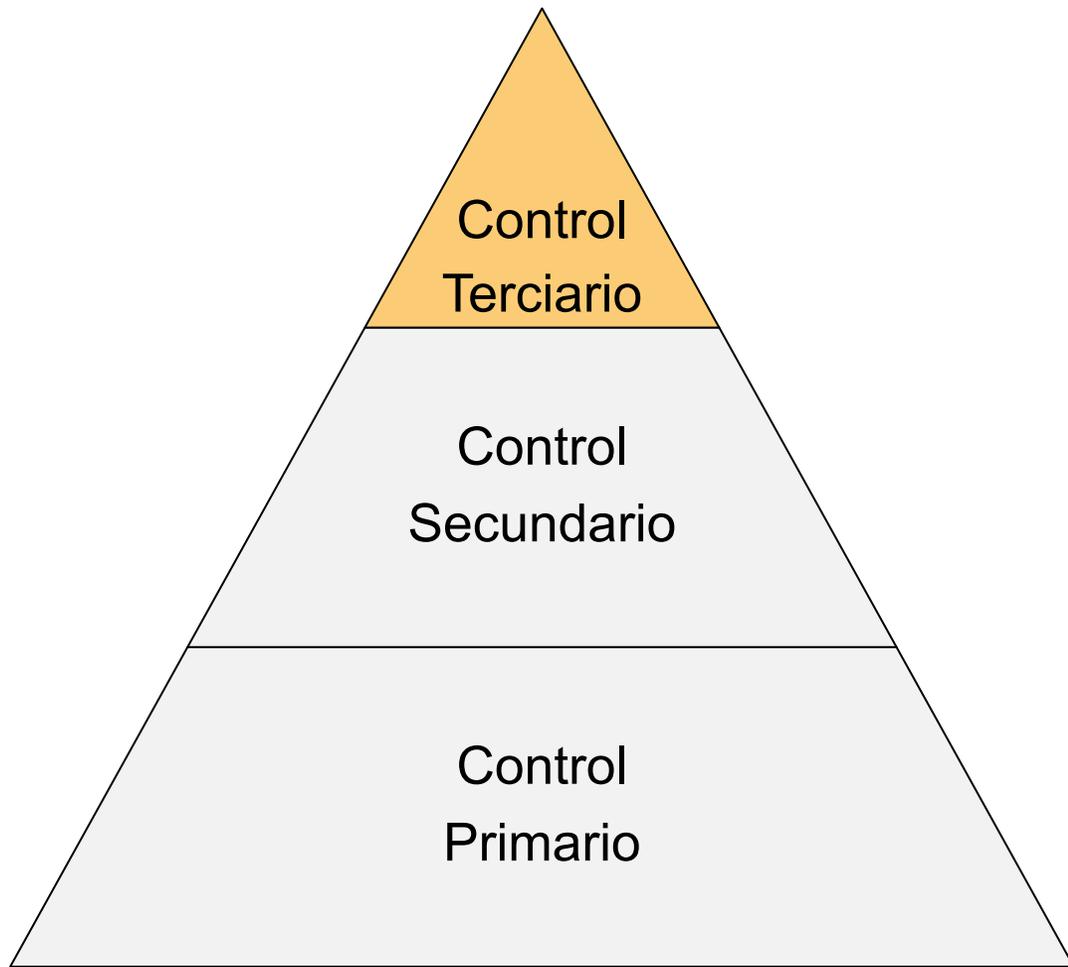


Control Secundario

Realiza acciones de control adicionales para **restaurar el voltaje y la frecuencia a sus valores nominales.**

Corrige el error en estado estacionario provocado por la operación del control primario.



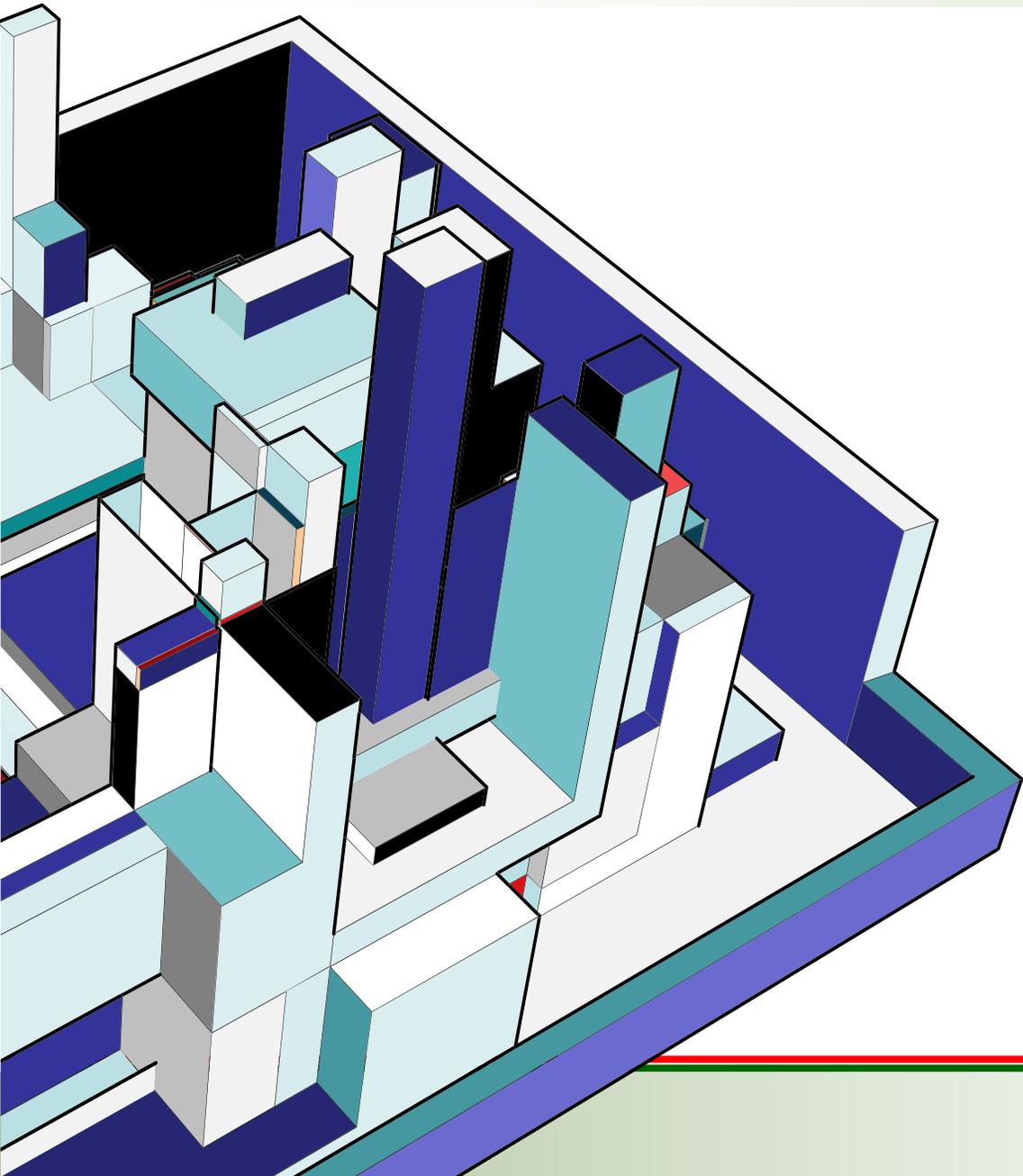


Control Terciario

Realiza acciones de **control óptimo** para garantizar la **operación de la micro-red a mínimo costo**

Maximizando el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables disponibles y considerando las restricciones técnicas de operación.

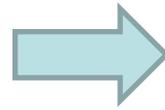




Planteamiento del problema



Alto **costo** de
instalación y
operación

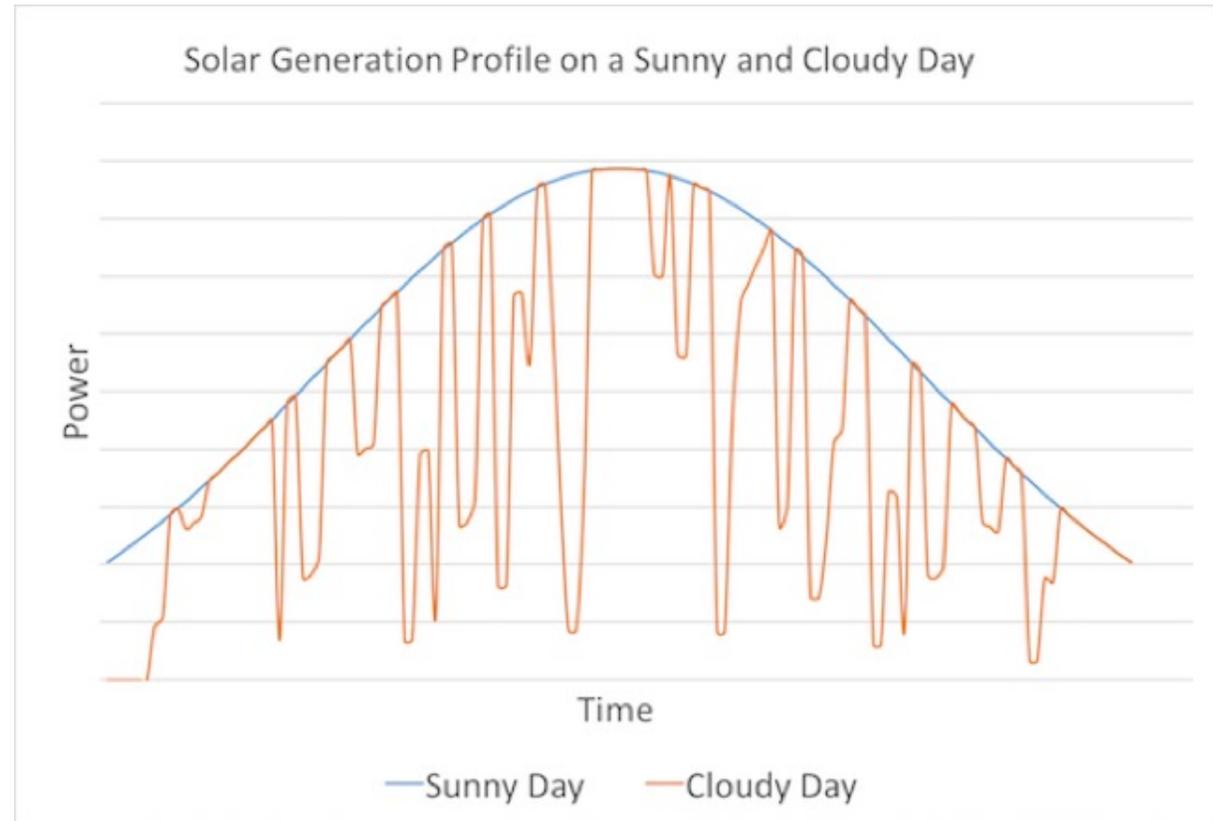


Costo de Instalación:
Gobierno
Empresas privadas

Costo de Operación:
Comunidad

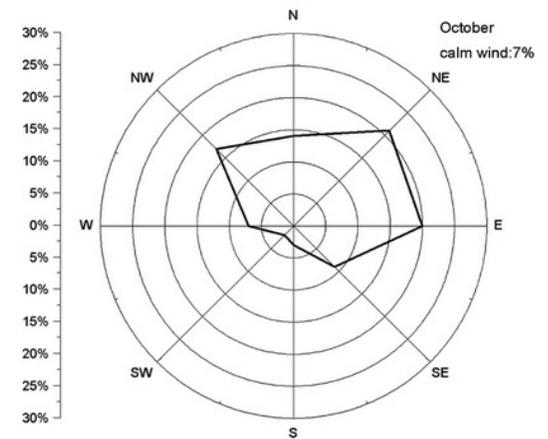
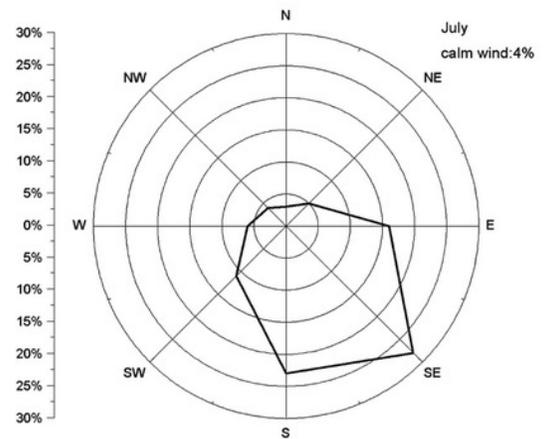
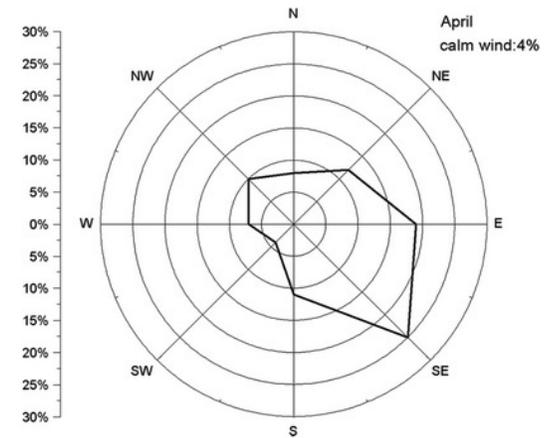
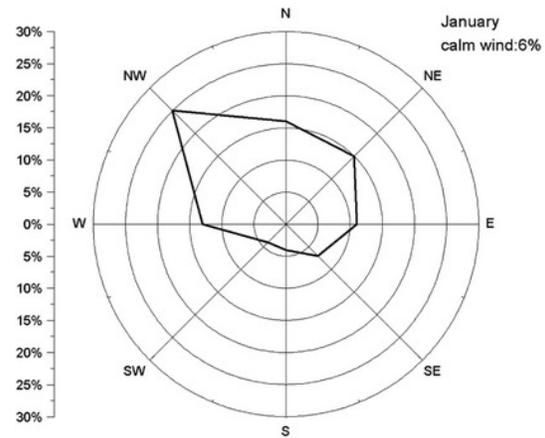
**Alto costo de
implementación y
operación**

**Incertidumbre de los
recursos renovables**



**Alto costo de
implementación y
operación**

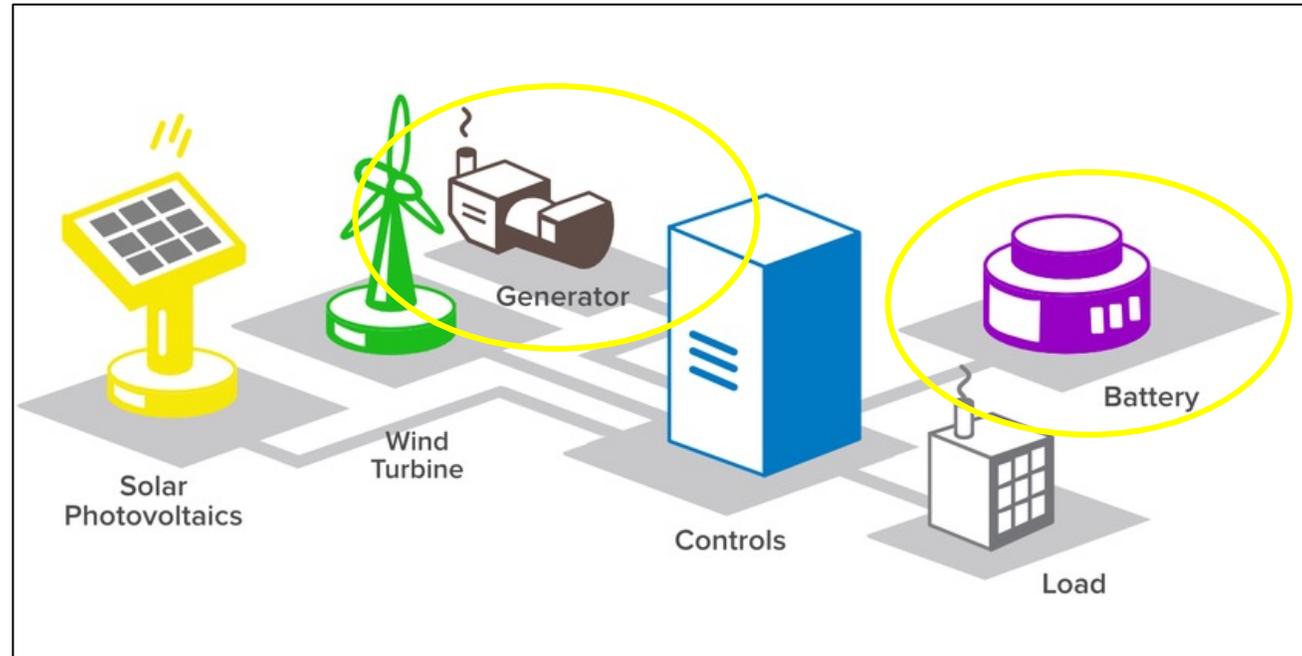
**Incertidumbre de los
recursos renovables**

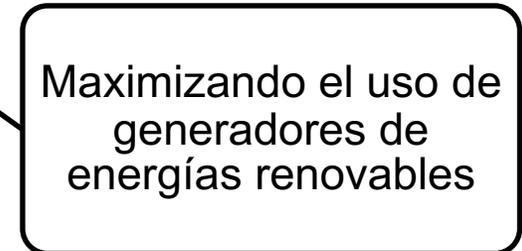
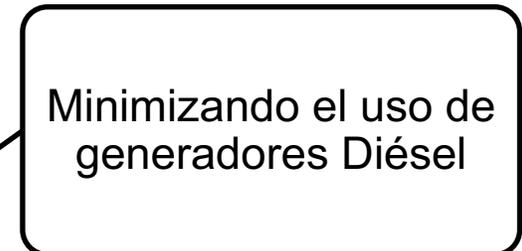
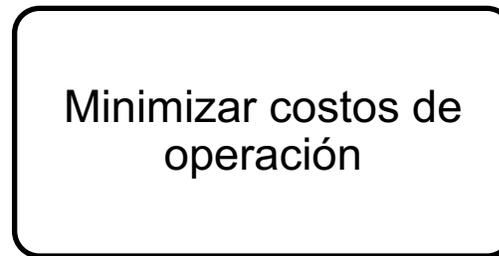
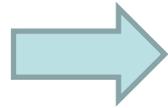
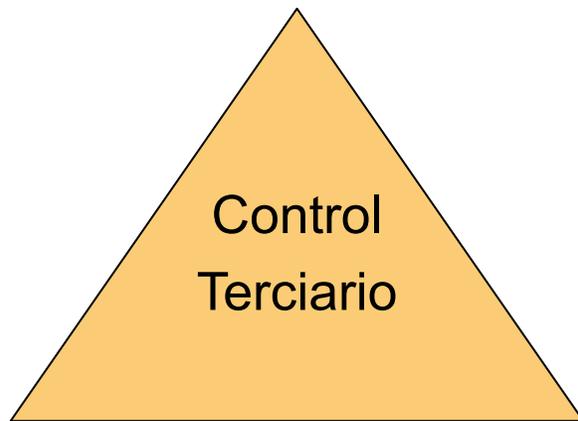


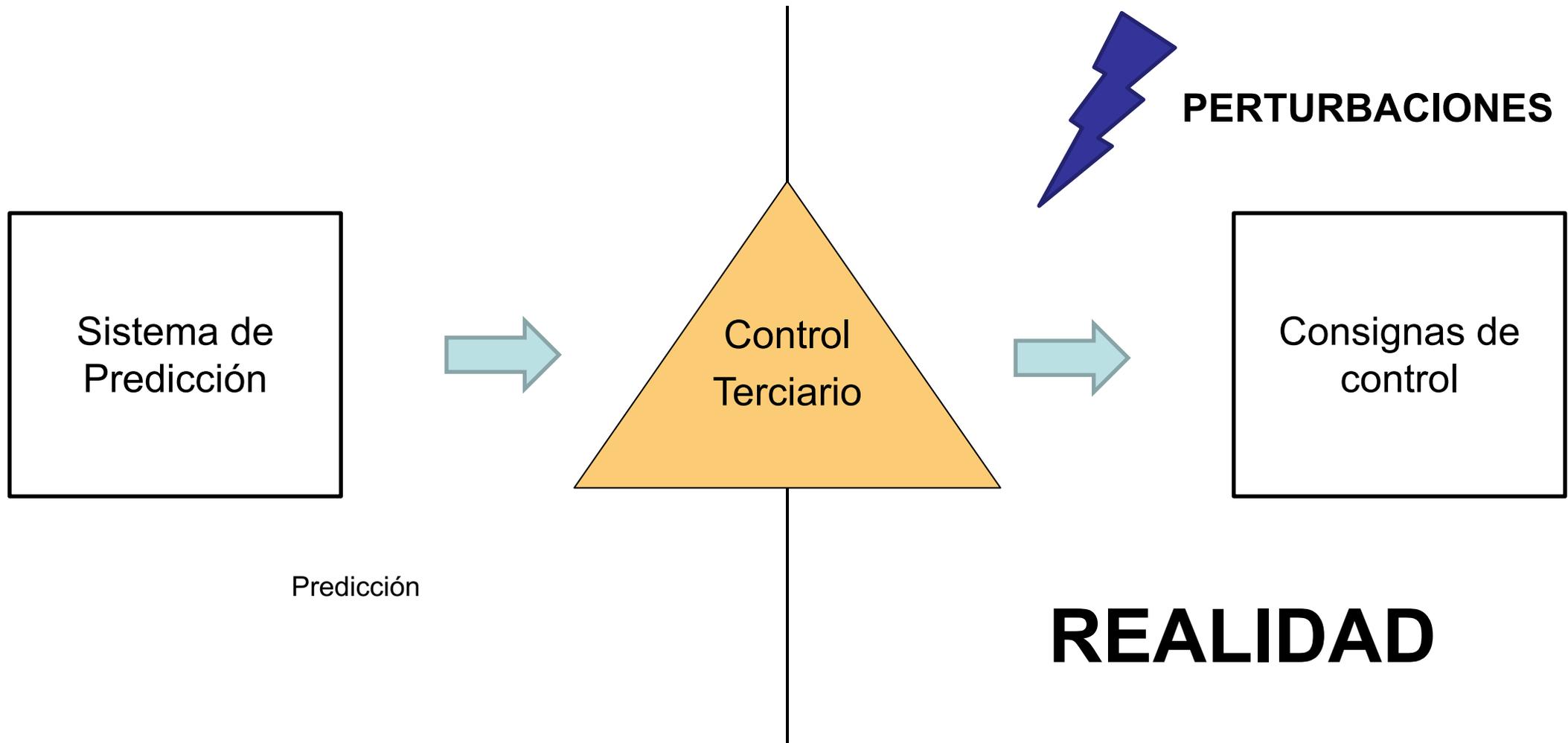
Alto **costo** de
implementación y
operación

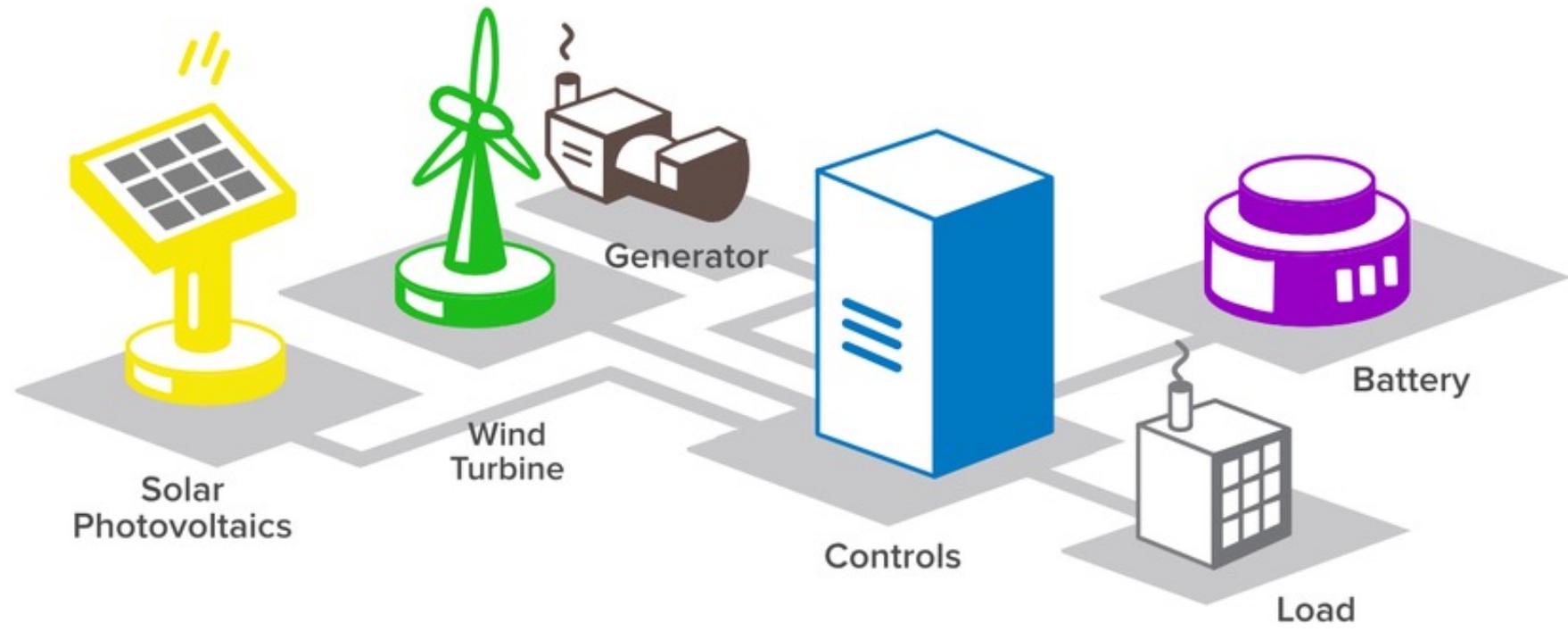
Incertidumbre de los
recursos renovables

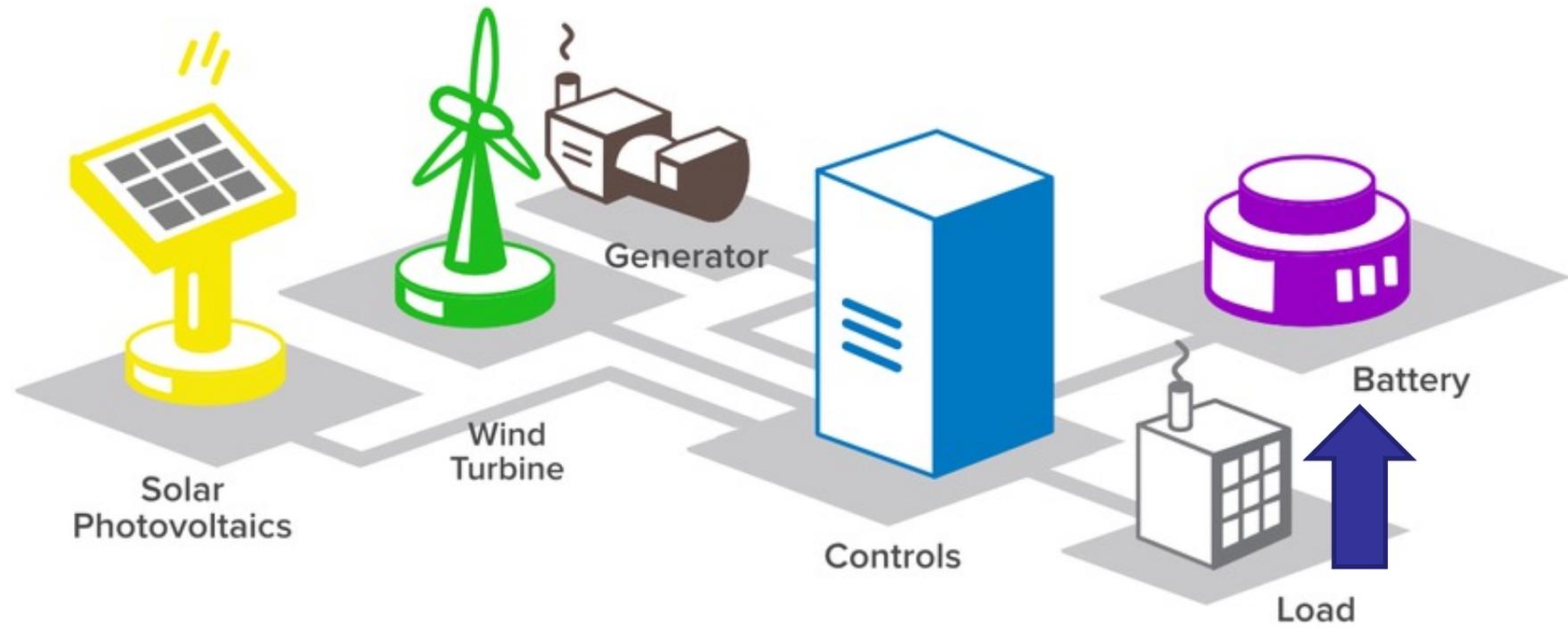
Microred híbrida

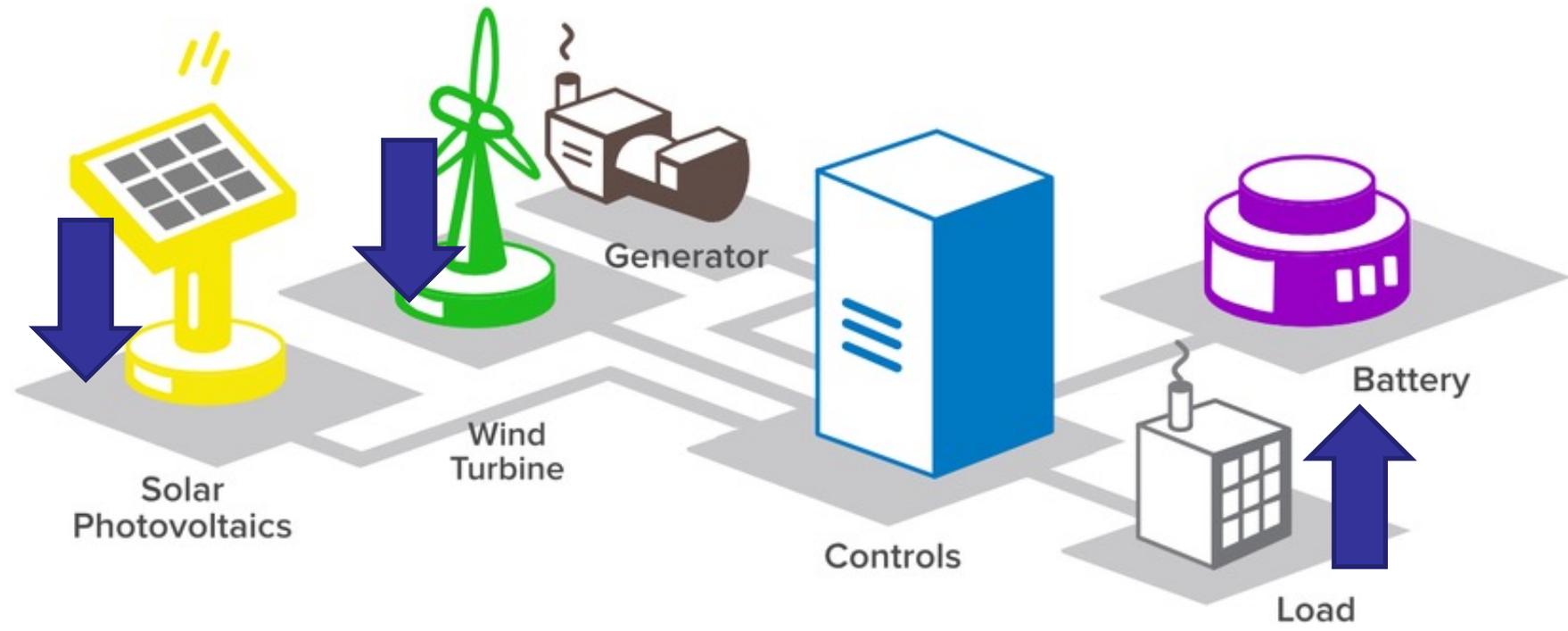


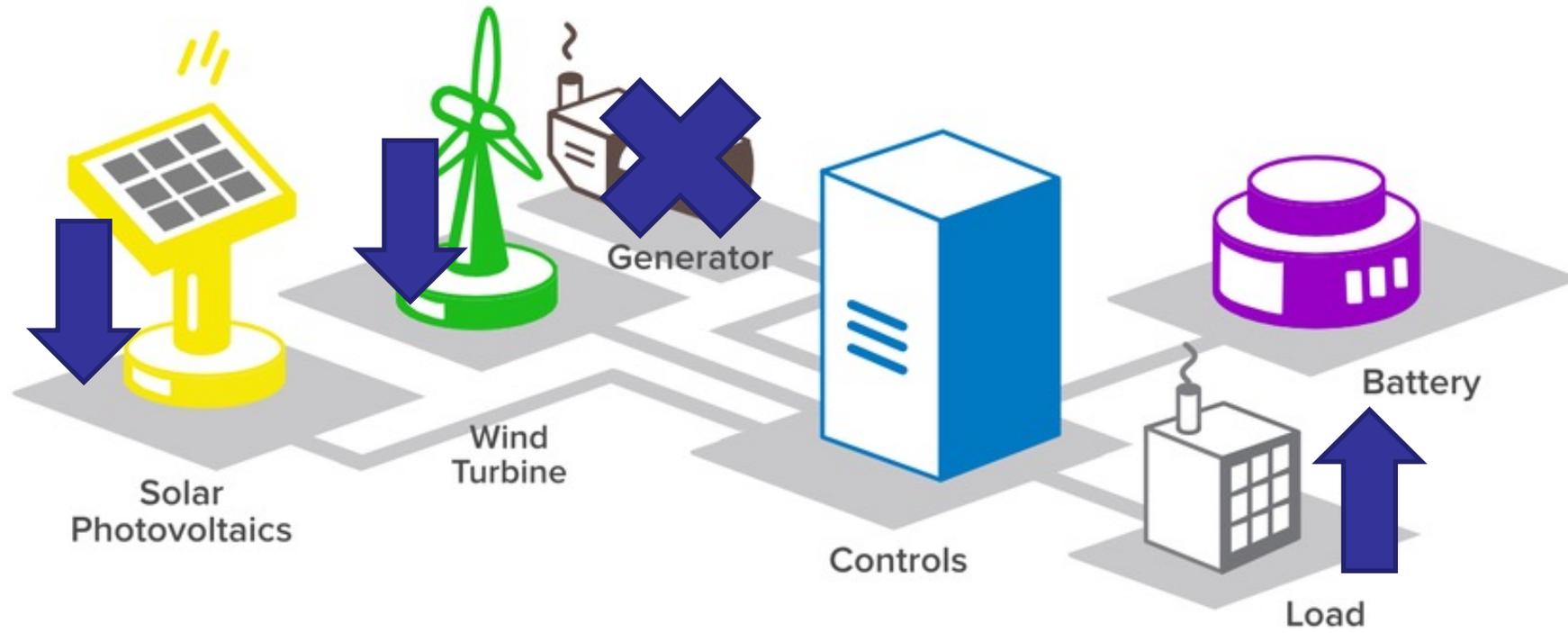


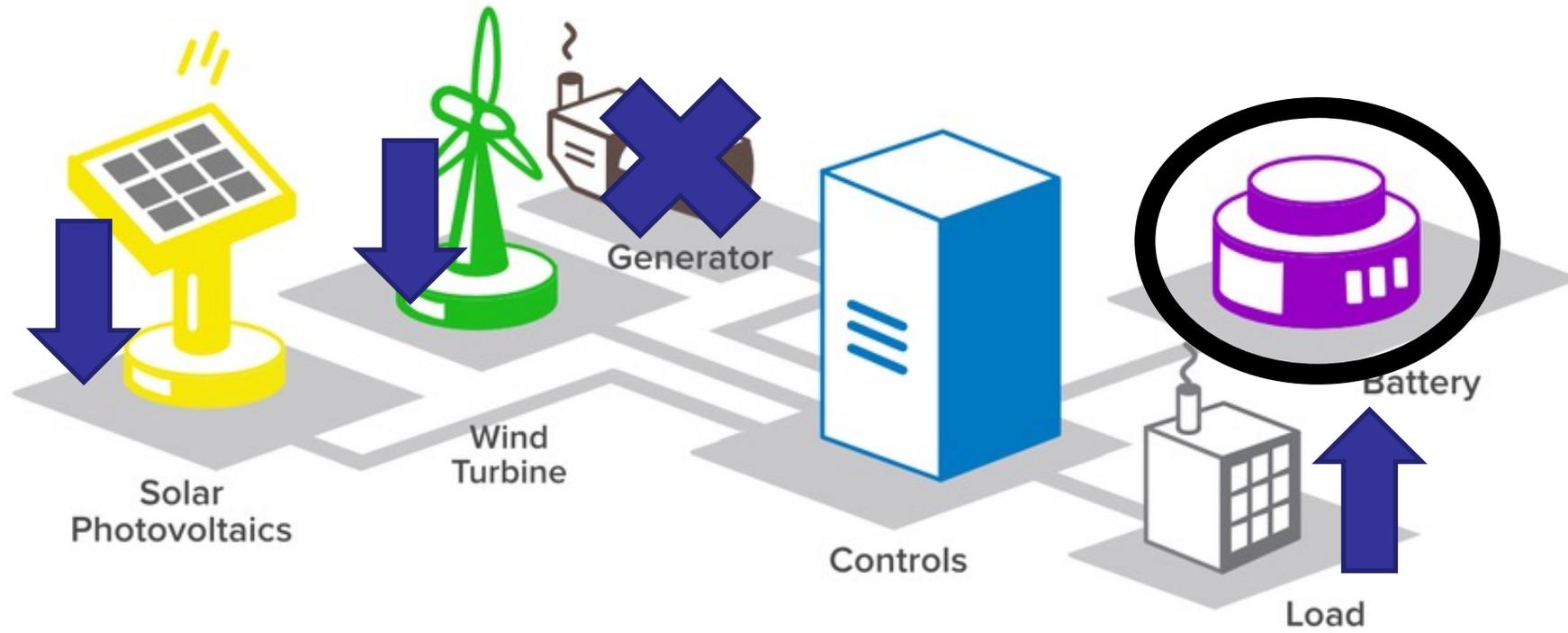








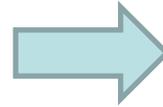




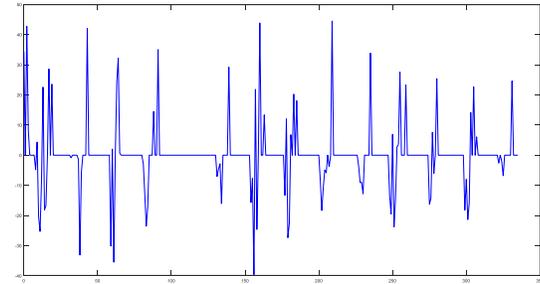
BESS
Battery Energy
Storage System



Enfrenta a las
variaciones de
frecuencia de la
micro-red



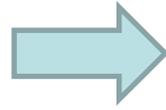
Descargas de energía para
compensar perturbaciones



Picos de carga y descarga
reducen la vida útil de las
baterías

Alto **costo** de
reposición

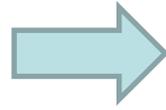
Alto **costo** de
reposición



Derrateo de
generadores
de energía
renovable



Alto **costo** de
reposición



Derrateo de
generadores
de energía
renovable



Ventaja

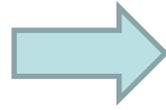
Extiende la vida útil de la batería

Desventaja

Aumento del costo de operación

Reducción de ganancia

Alto **costo** de
reposición



Derrateo de
generadores
de energía
renovable



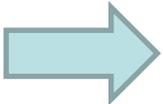
Derrateo Fijo

3%

5%

8%

Alto **costo** de **reposición**



Derrateo de generadores de energía renovable



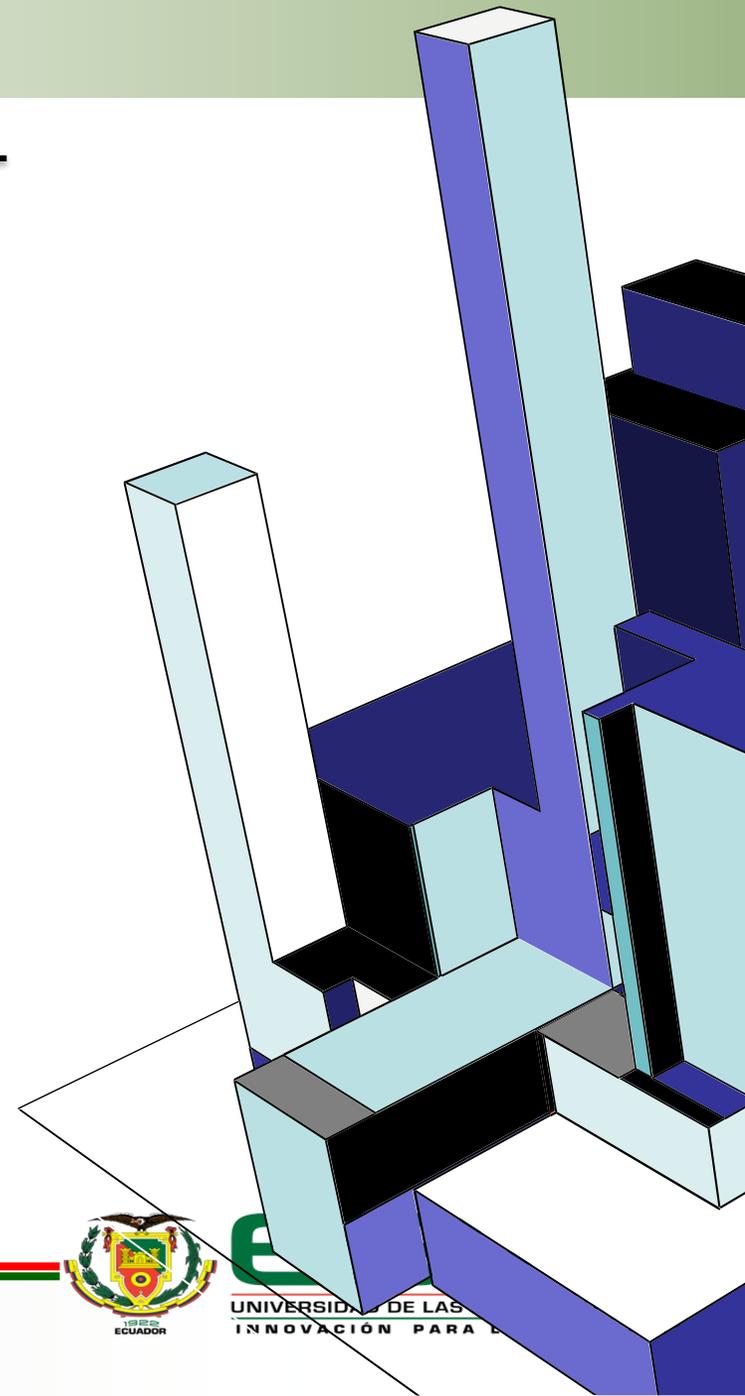
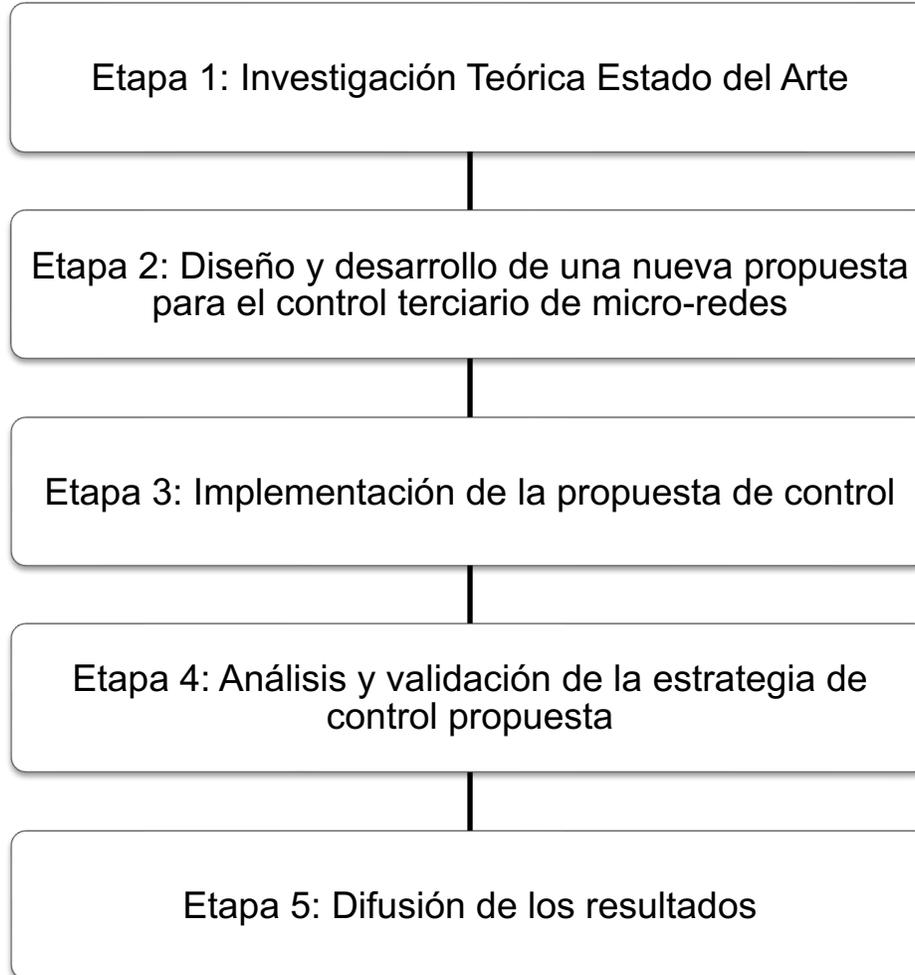
Propuesta:

Derrateo Fijo
3% 5% 8%

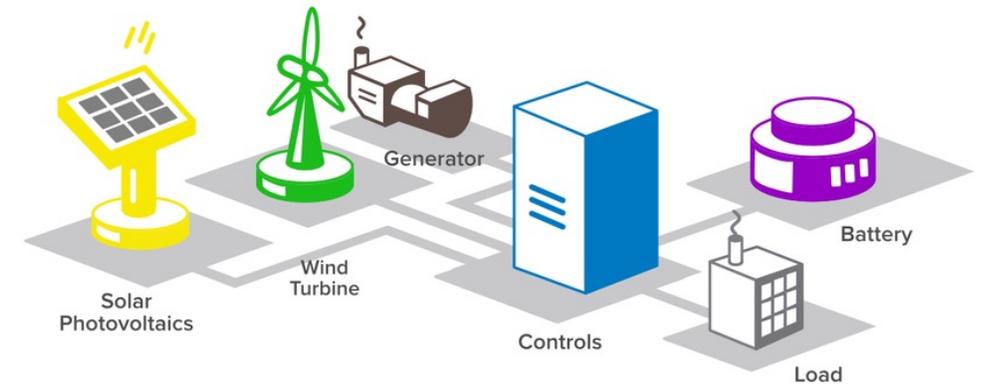
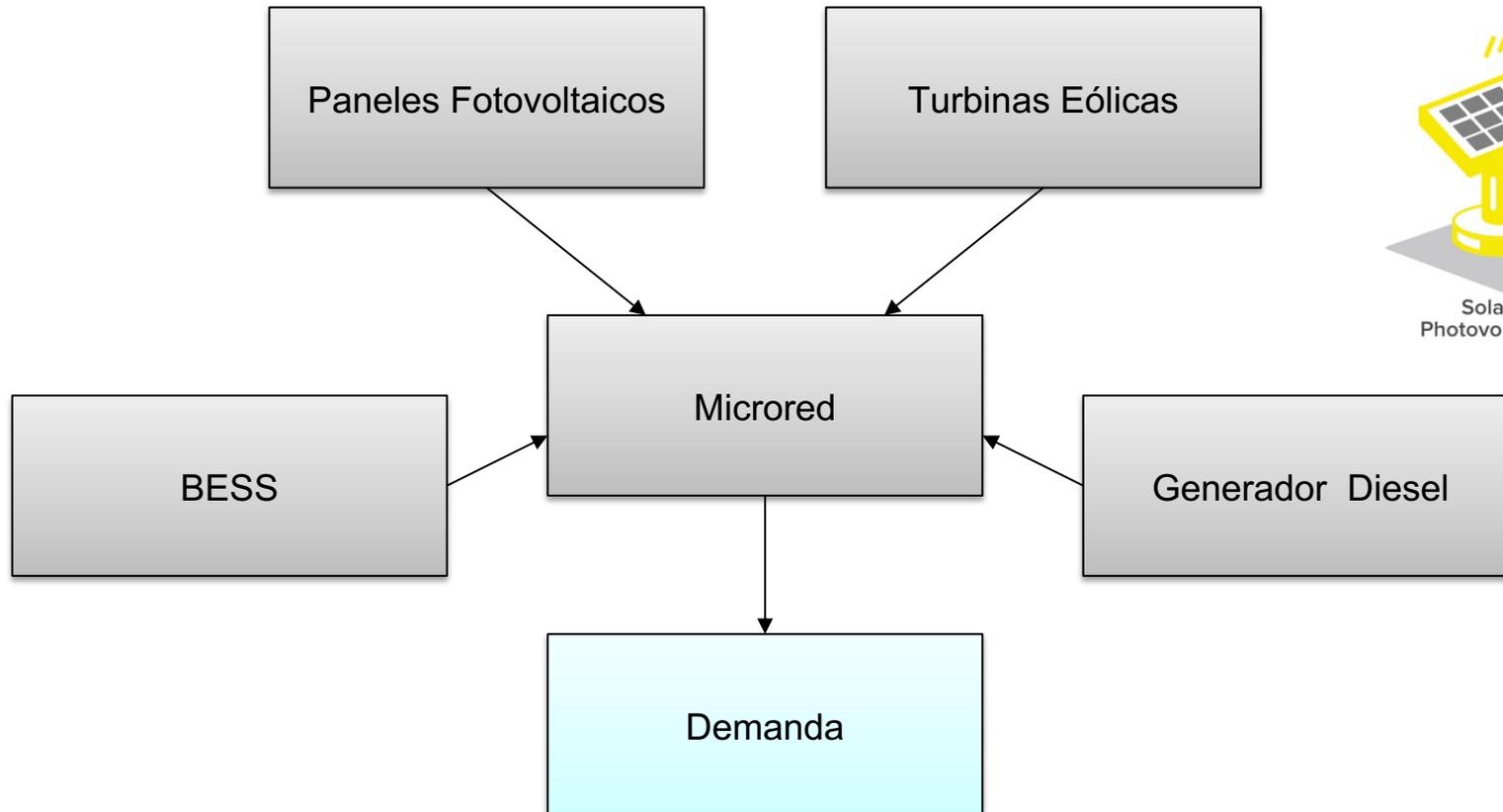


Derrateo Óptimo

METODOLOGÍA



Caso de estudio



Demanda Pico	219.65 [kW]
Potencia FV Instalada	100 [kW]
Potencia Eólica Instalada	20.36 [kW]
BESS Instalado	150.6 [kW]
Potencia Diesel Instalada	150 [kW]



ESPE

Control

Satisfacer la demanda

Evitar la ENS (Energía no suministrada)

Reducir la degradación de la batería

Derrateando la Potencia FV y Eólica

Minimizar costos de operación

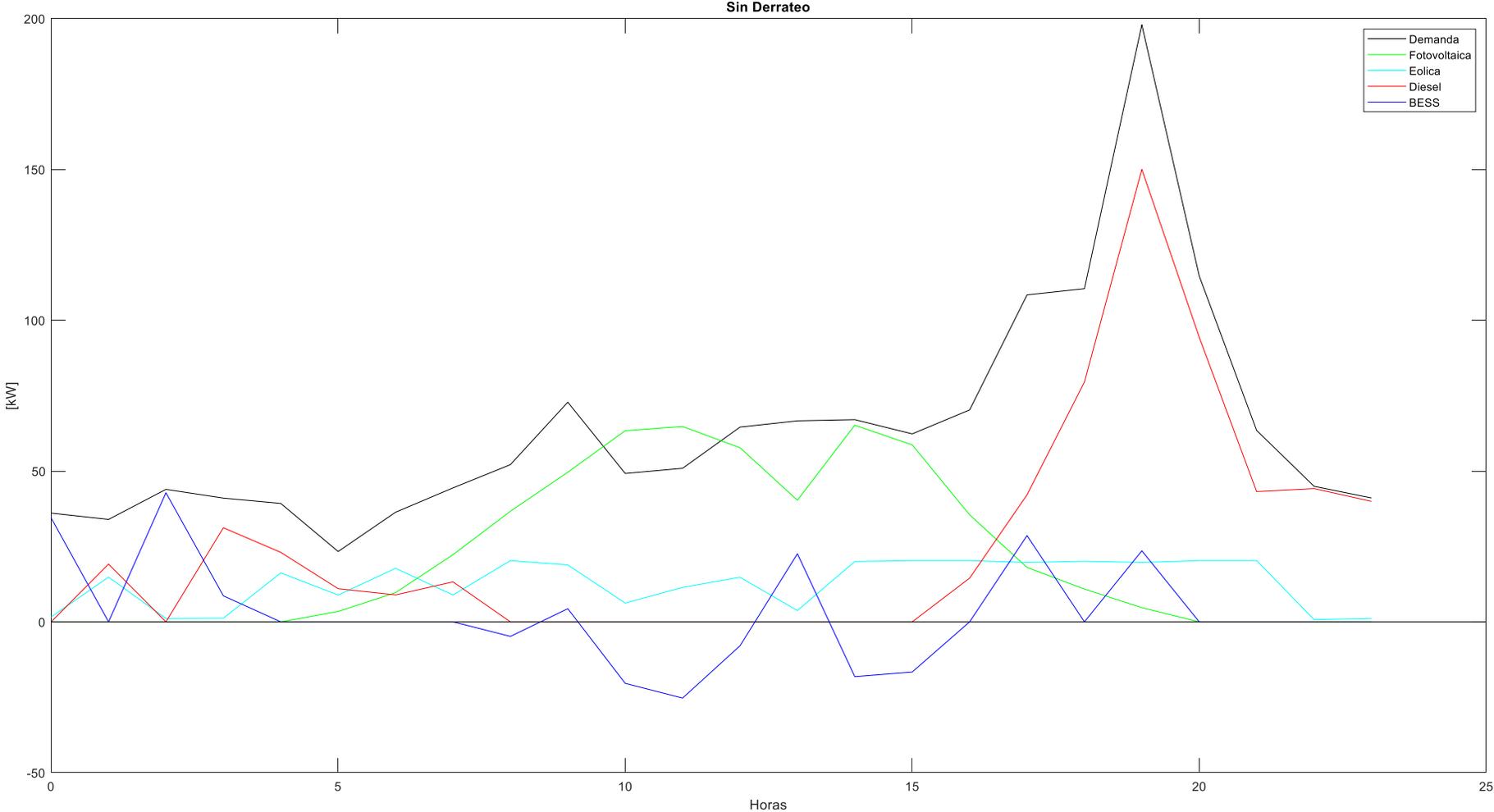
Función Objetivo

Consideraciones

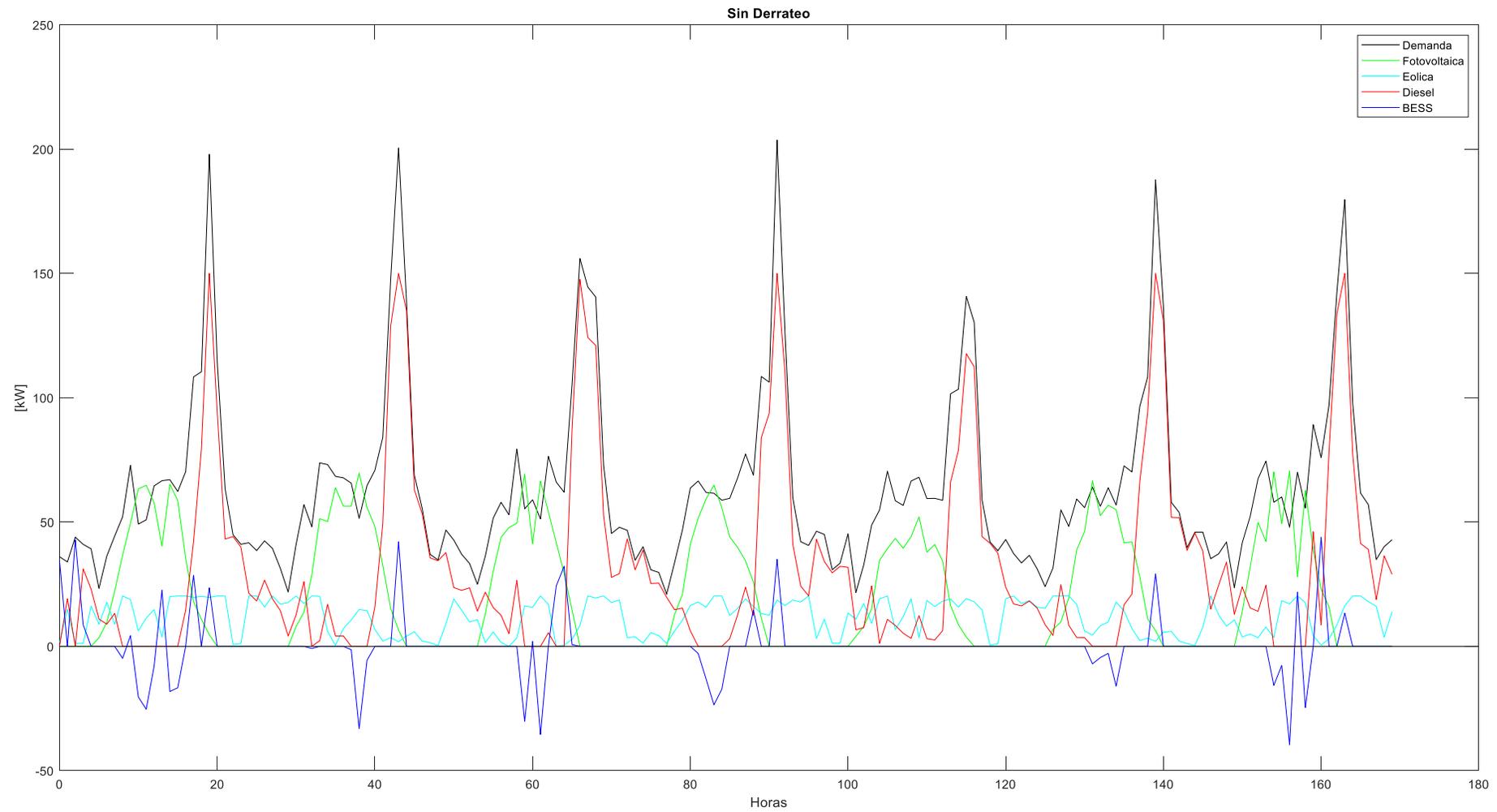
- Demanda estocástica
- Recurso eólico y solar estocástico
- 27 escenarios posibles
- Porcentaje de derrateo PFVd, PWd cumple con todos los escenarios

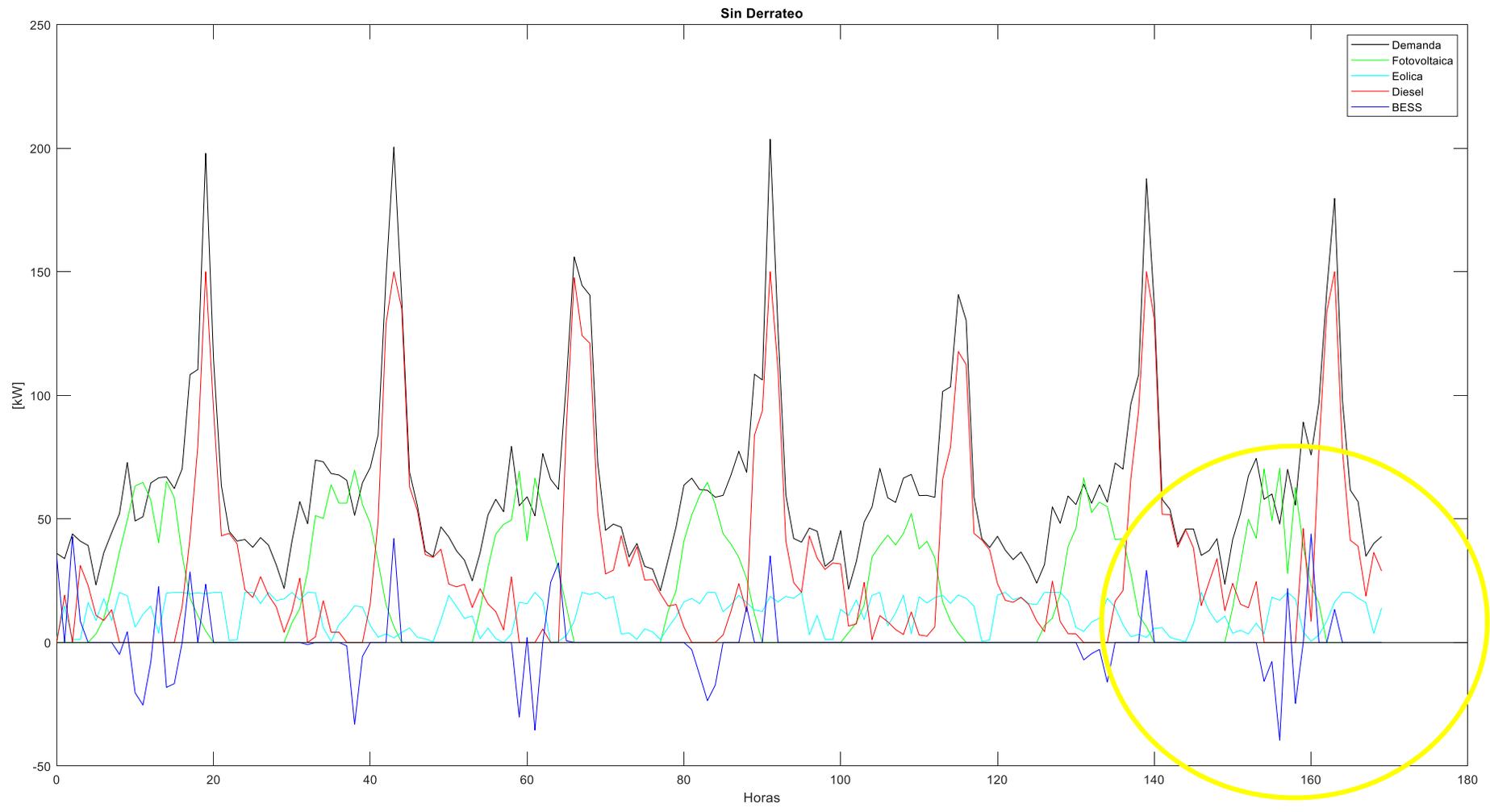


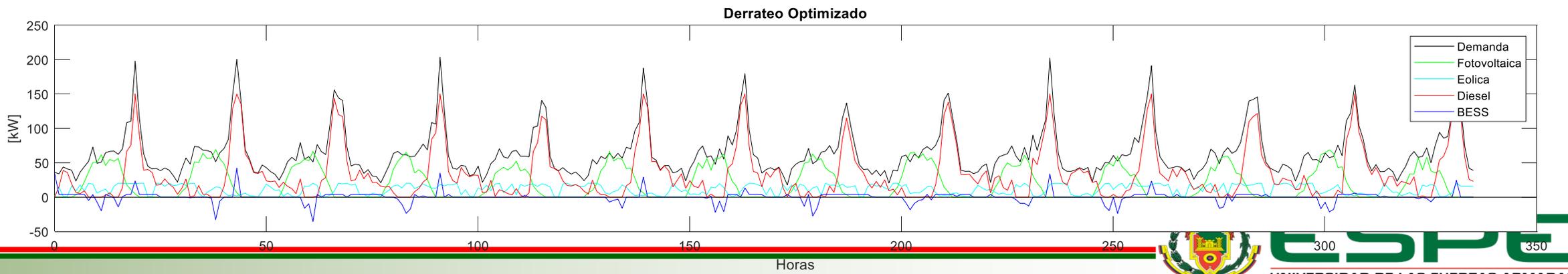
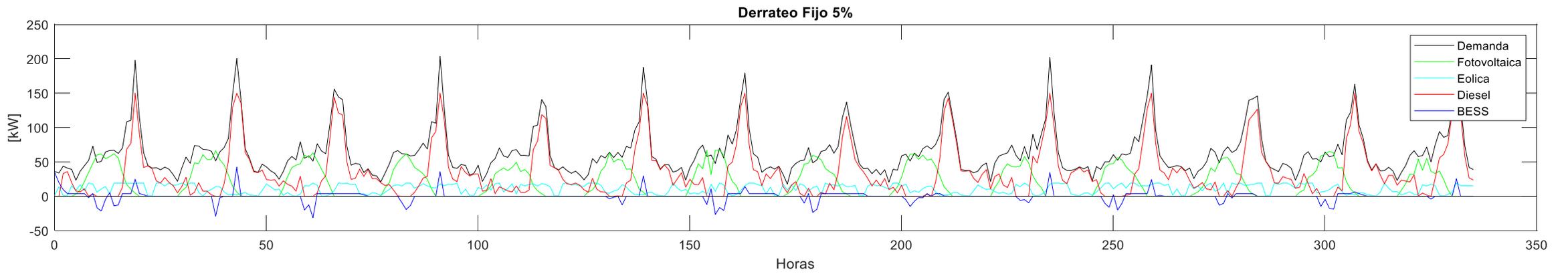
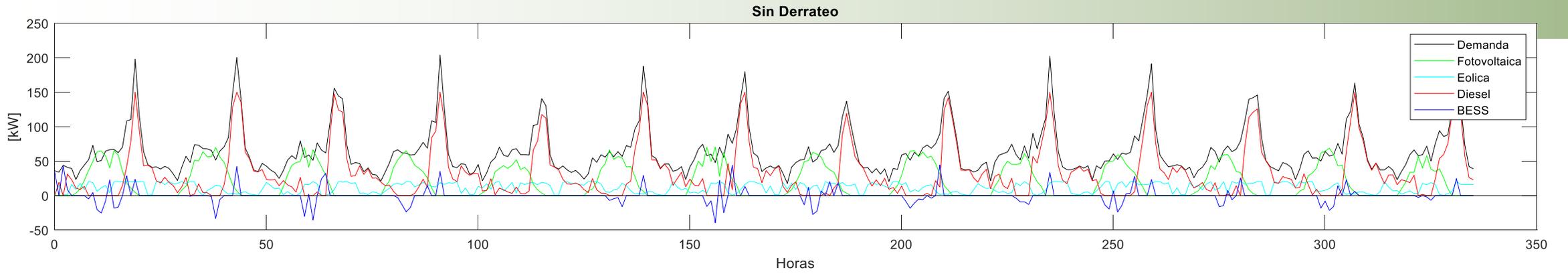
Resultados

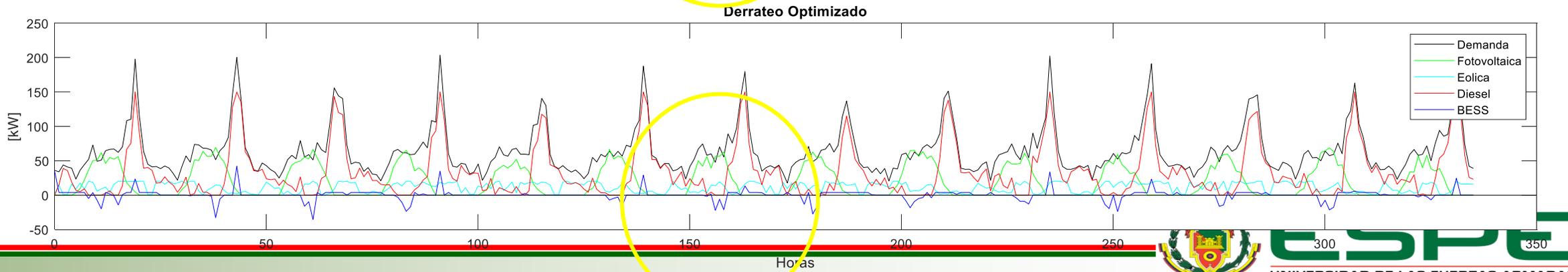
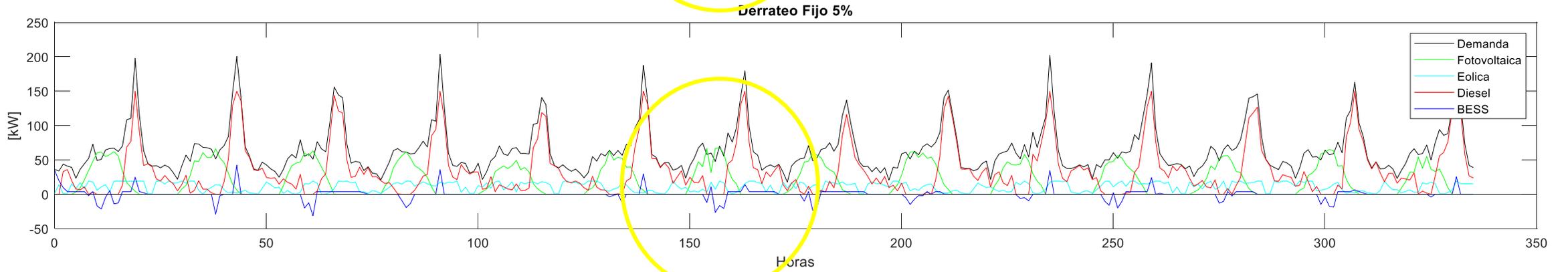
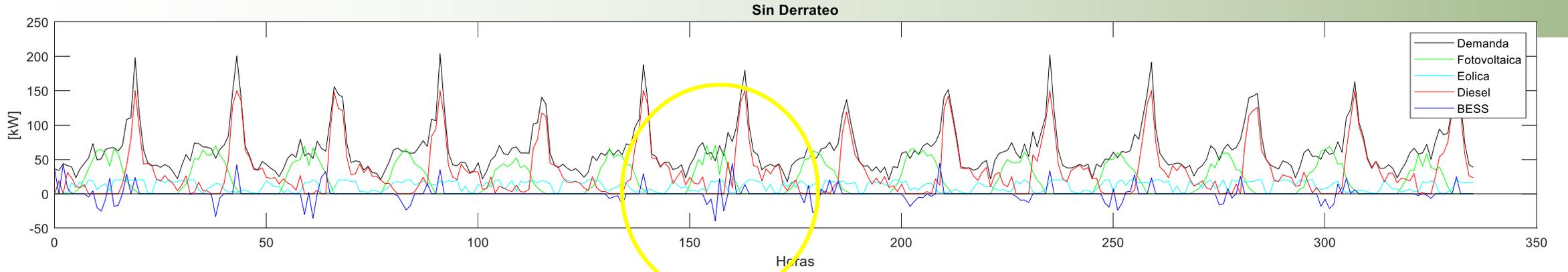


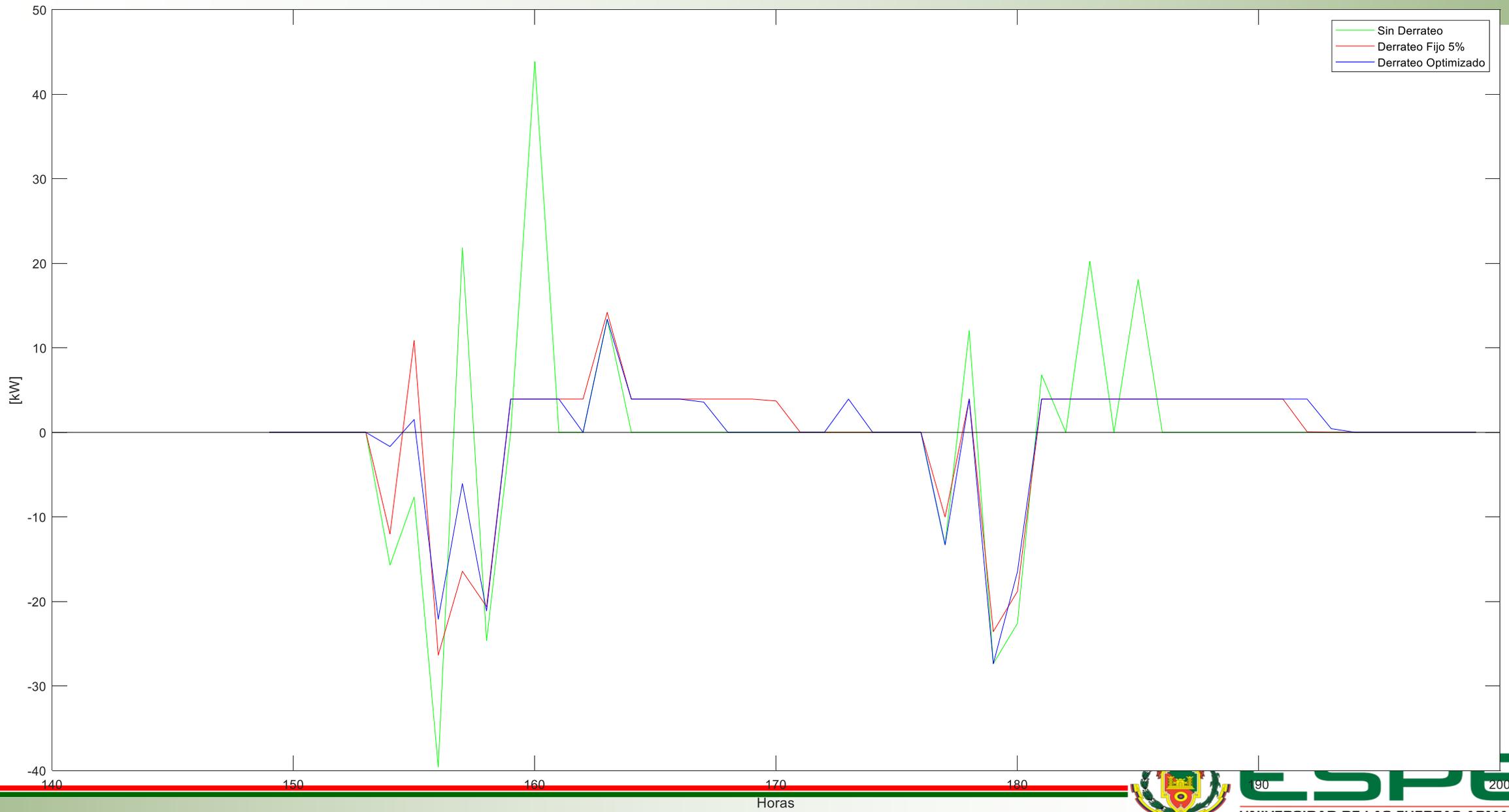
Resultados

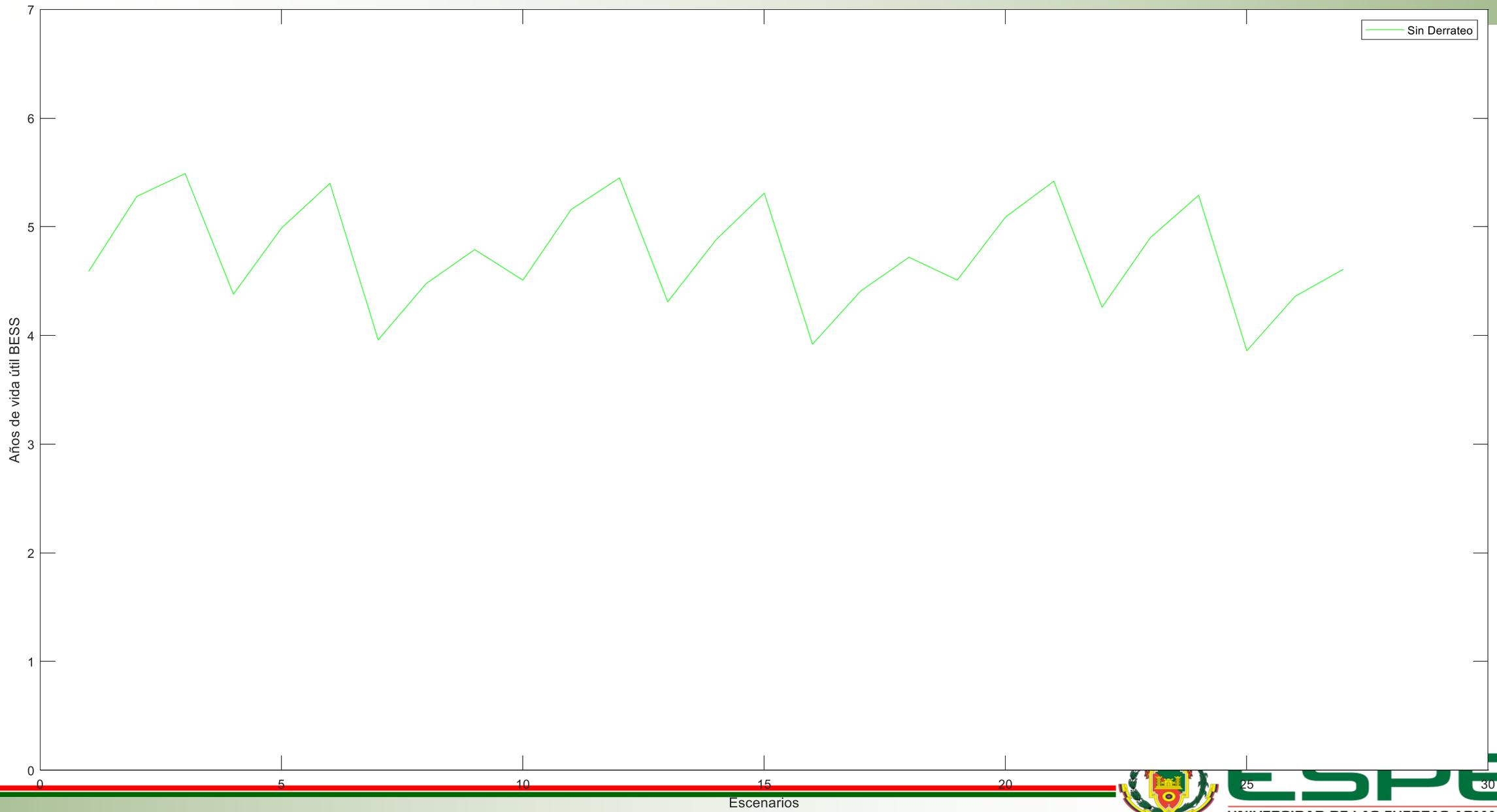


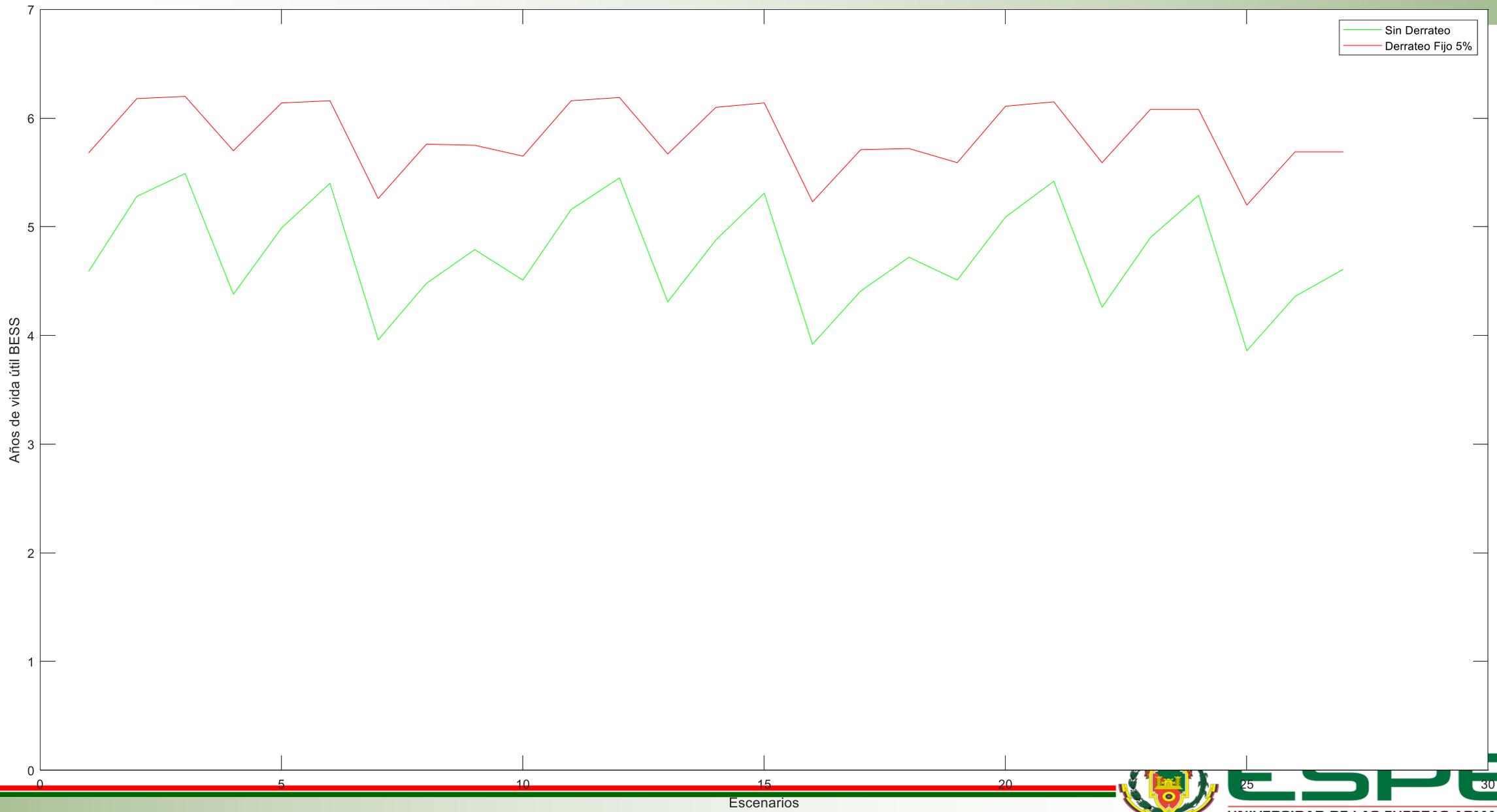


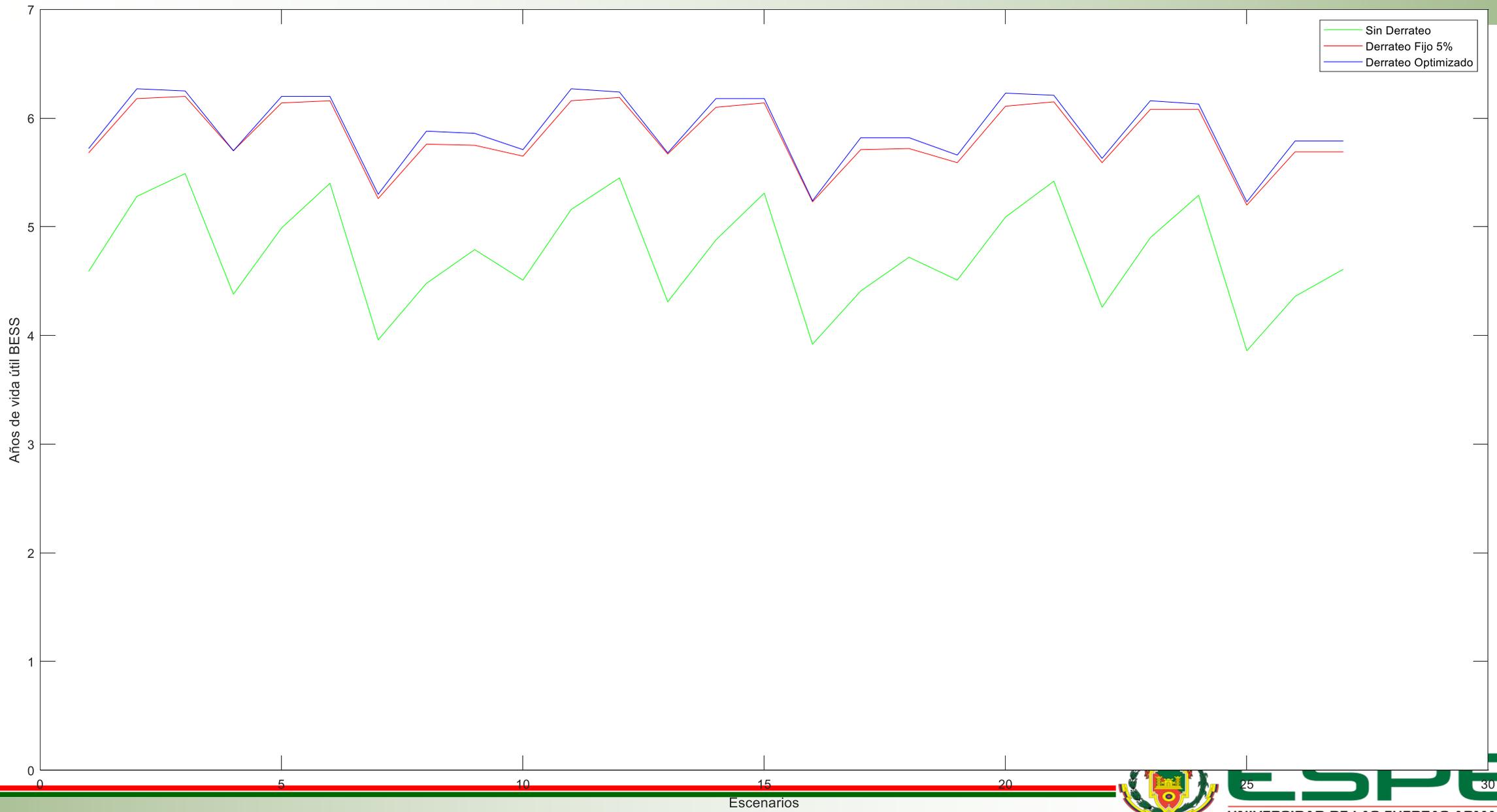


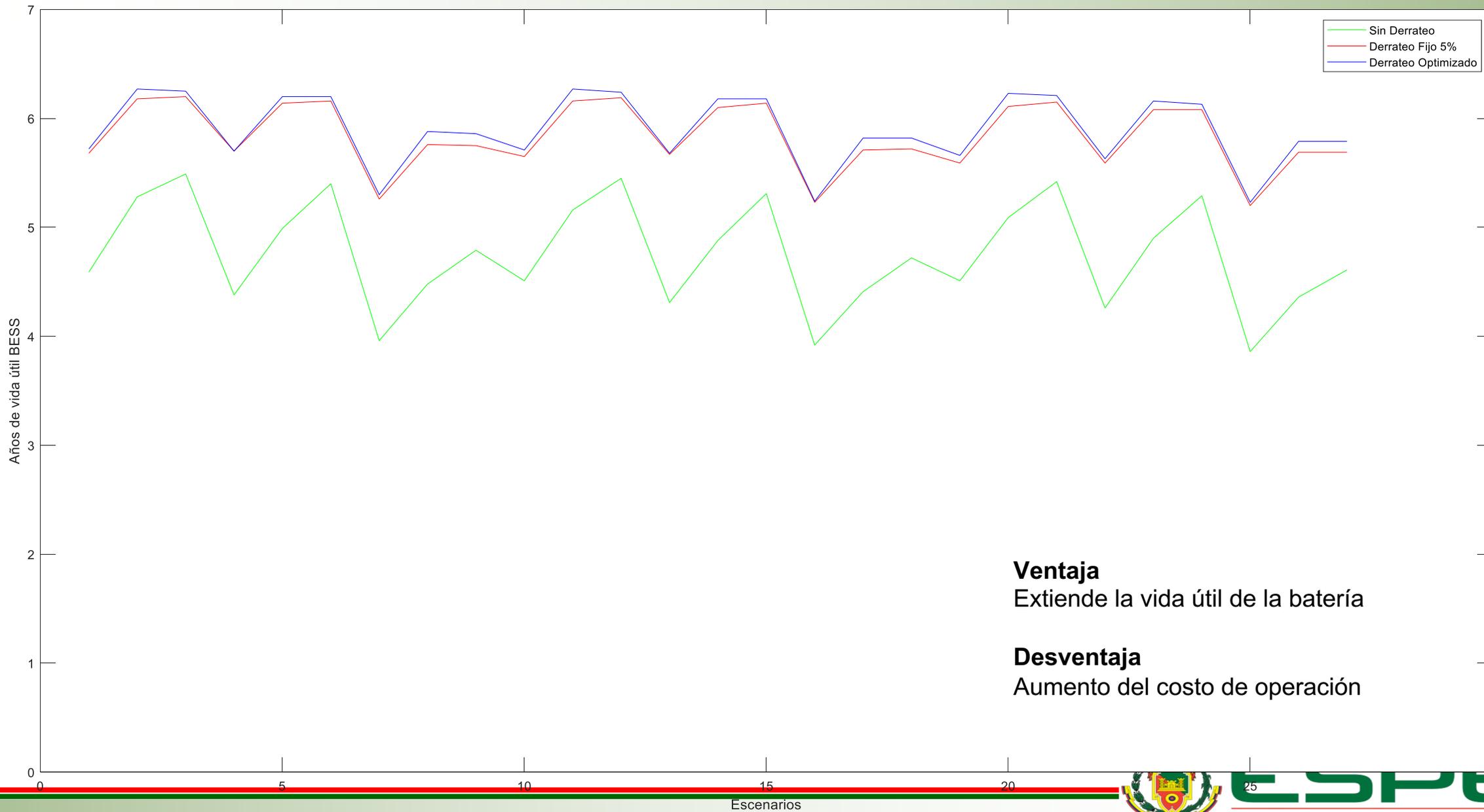












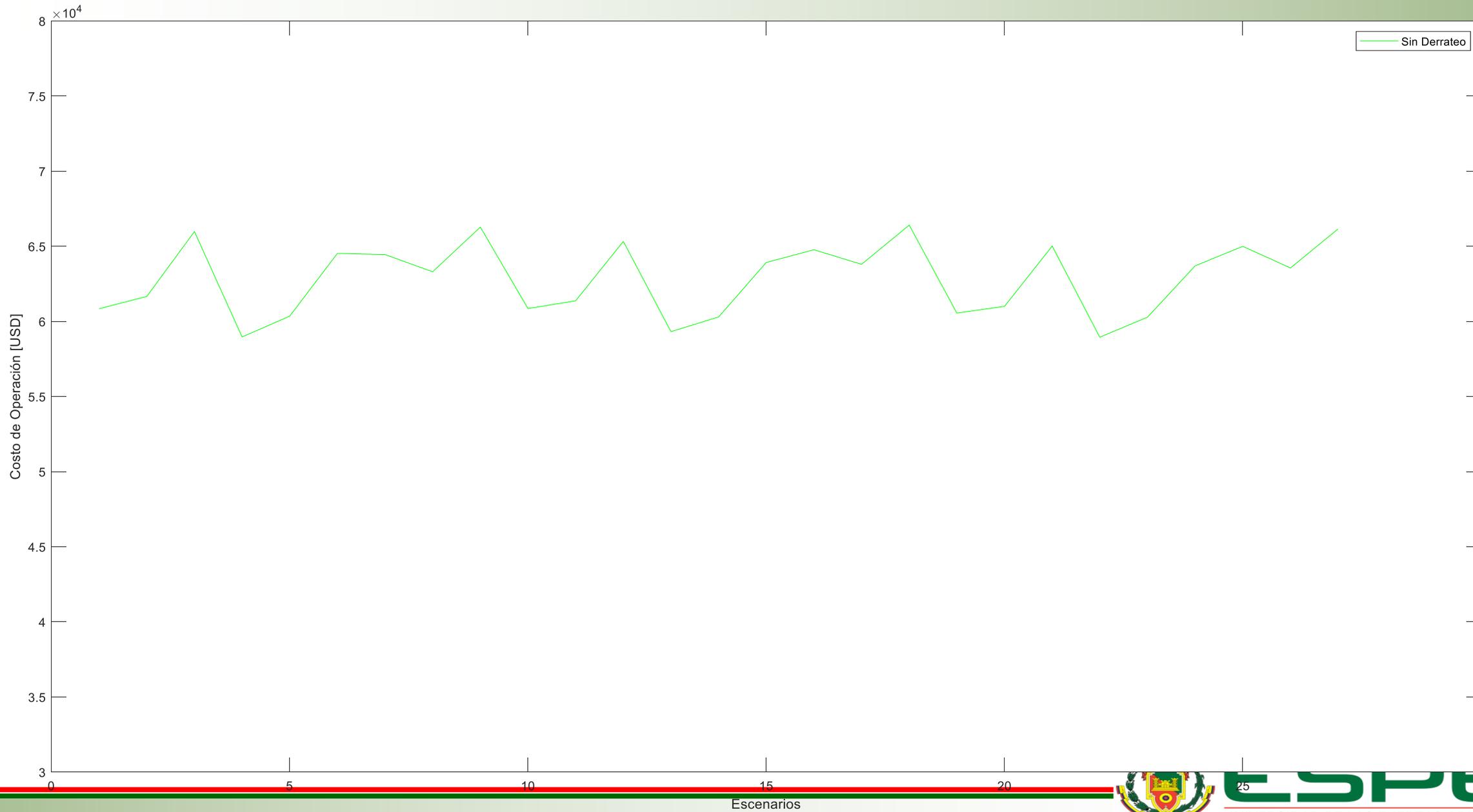
Ventaja

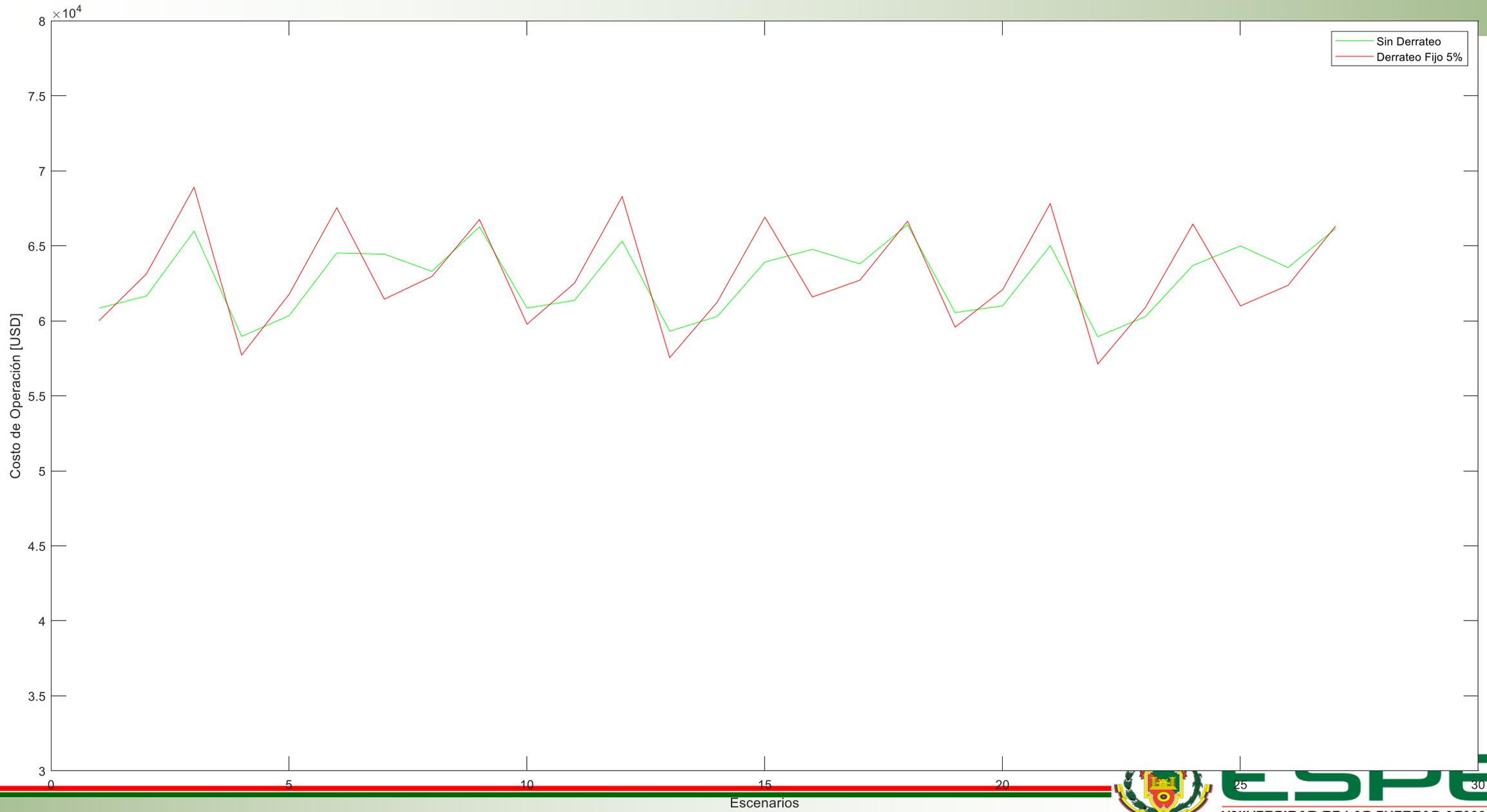
Extiende la vida útil de la batería

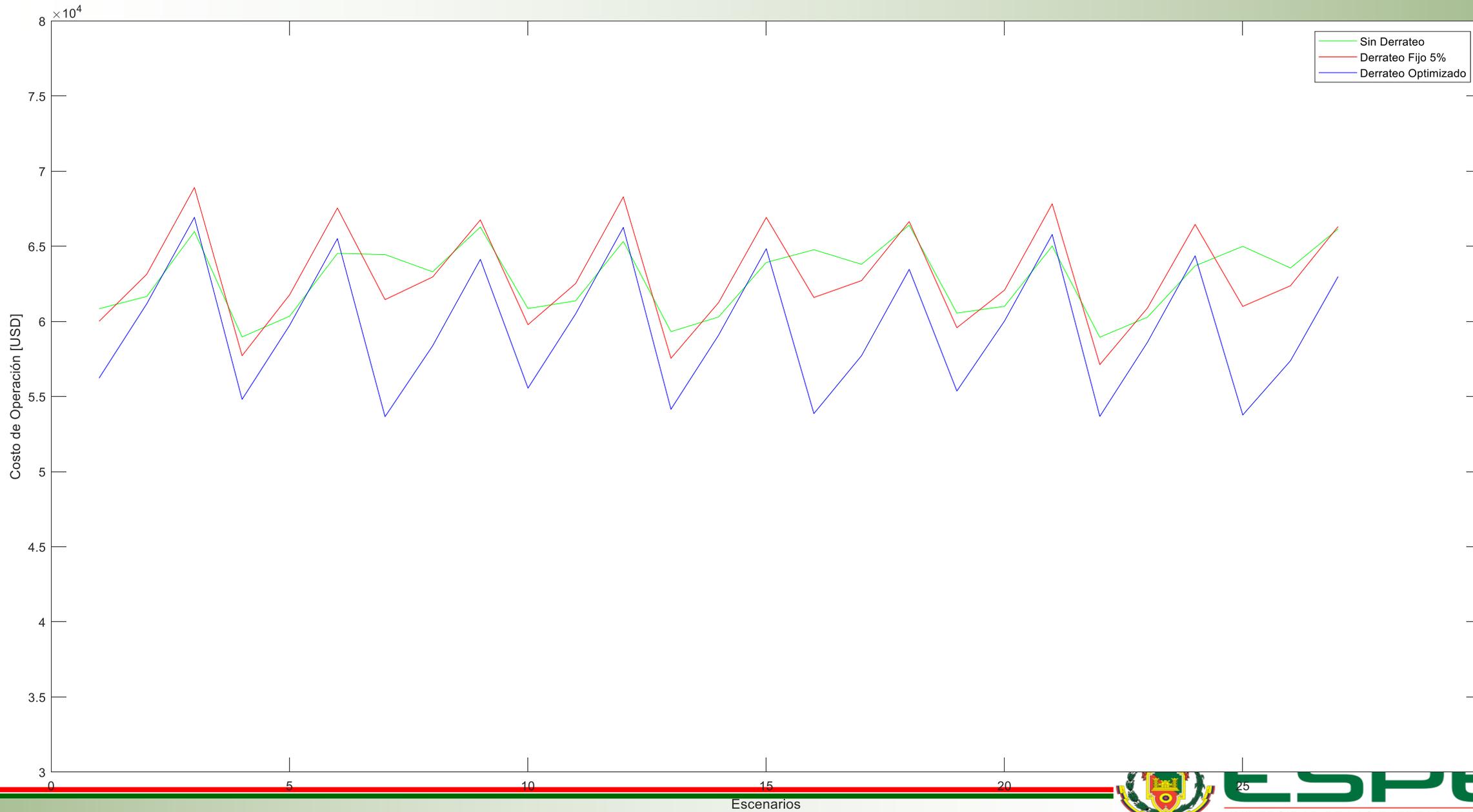
Desventaja

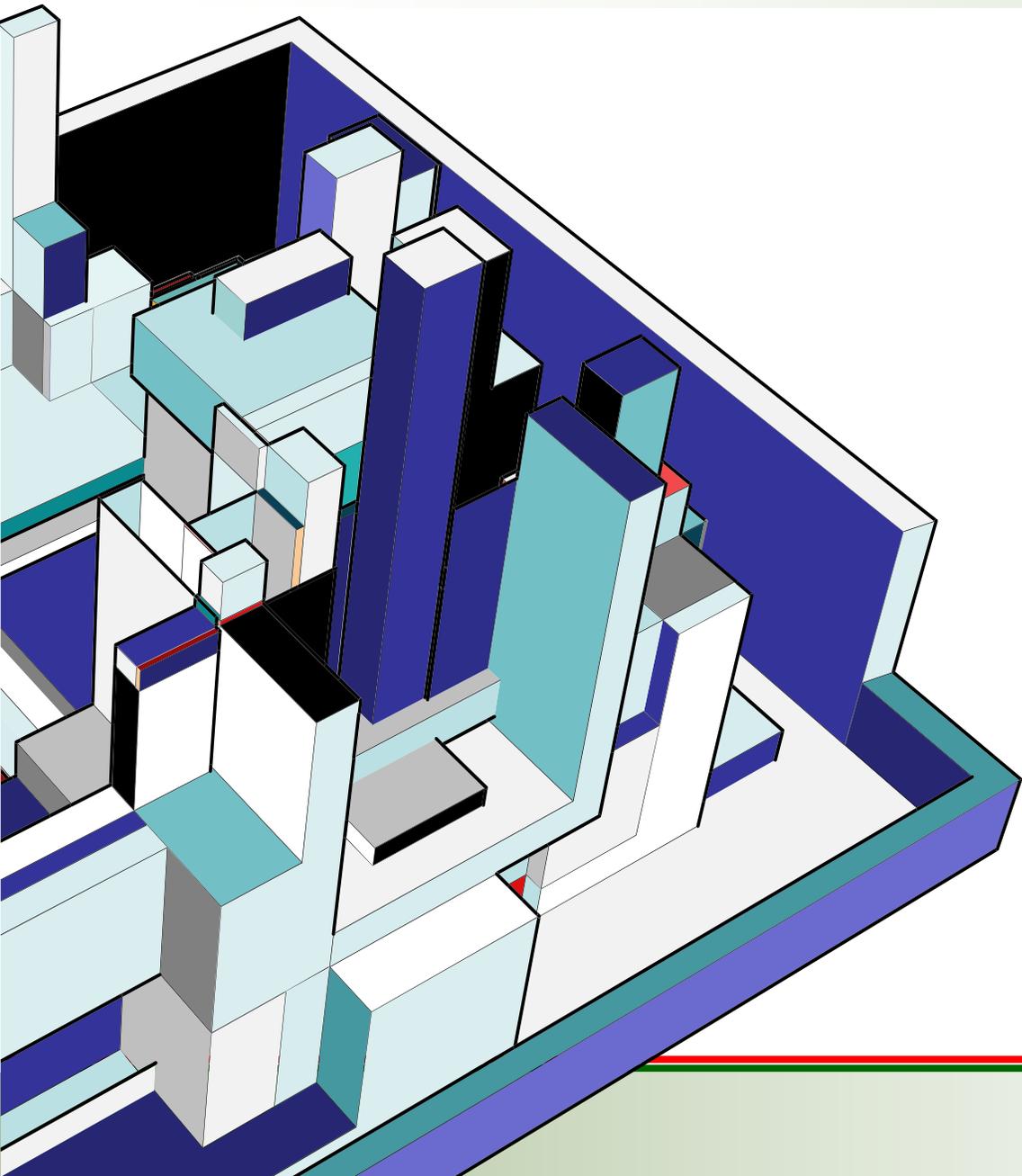
Aumento del costo de operación











Conclusiones



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Gracias



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA